



**Tielaitos**

## **Tiemerkintämassojen käyttökelpoisuus**



**Tielaitoksen  
selvityksiä**

**50/1992**

**Oulu 1992**

**Oulun  
tuotantotekninen  
kehitysyksikkö**

Tielaitoksen selvityksiä  
50/1992

## **Tiementäjämassojen käyttökelppoisuus**

**Tielaitos**  
Oulun tuotantotekninen  
kehitysyksikkö

Oulu 1992

ISBN 951-47-6514-1  
ISSN 0788-3722

Valtion painatuskeskus  
Pasilan VALTIMO  
Helsinki 1992

Julkaisua saatavana:  
Oulun tuotantotekninen  
kehitysyksikkö

**Tielaitos**

Tiehallitus  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puh. vaihde (90) 148 721

Oulun tuotantotekninen  
kehitysyksikkö  
Kansankatu 47  
PL 261  
90101 OULU  
Puh. (981) 310 9383

## ALKUSANAT

Maamme tiemerkinnot tehdään pääasiassa maalilla. Maalin liuotinpäästöt ovat huomattavat ja kulutuskestävyys monin paikoin riittämätön.

Turvallisuus- ja ympäristövaatimusten kasvaessa nyt yleisesti käytetty maalimerkintä joudutaan korvaamaan materiaaleilla, jotka täyttävät laatu- ja ympäristövaatimukset.

Tielaitos on jo usean vuoden ajan yhteistoiminnassa alan yrittäjien kanssa pyrkinyt kehittämään maalia kestävämmän ja nykyisiä kestopäällykkeitä edullisemmän merkintätavan. Kehitystyö on aktivoitunut merkintäalan kilpailua siten, että tällä hetkellä on tarjolla uusia merkintätapoja, joiden ominaisuuksista ja keskinäisestä paremmuudesta ei ole riittävästi tutkittua tietoa.

Oulun kehitysyksikkö käynnisti vuonna 1990 tiemerkinnotutkimuksen, jossa selvitettiin uusien merkintätapojen käyttökelpoisuutta.

Tutkimuksen vastuuhenkilönä on ollut ins. Heikki Vesa Oulun kehitysyksiköstä. Kenttä- ja laboratoriotutkimuksista ovat vastanneet tutkijat Timo Unhola ja Leena Saarinen VTT:n tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorios- ta. Kenttäkokeiden suunnitteluun ja toteutukseen osallistuivat myös alan urakoitsijat ja Uudenmaan, Kymen, Oulun ja Lapin tiepiirit.

Tämä tutkimus on julkaistu myös VTT:n raporttina "Kestomerkinnotkokeet 1990 - 1991", tutkimusraportti 14, VTT/TGL, Espoo, huhtikuu 1991. VTT:n raportin on kirjoittanut DI Anssi Lampinen AL-Engineering Oy:stä.

Lisäksi tämän raportin visuaaliseksi tueksi valmistettiin videofilmi, koska käytännössä on vaikea mitata, miltä merkinnot näyttävät ja miten ne havaitaan päivällä, yöllä ja sateella.

Oulussa syyskuussa 1992

Oulun tuotantotekninen kehitysyksikkö



---

## SISÄLTÖ

---

1	JOHDANTO	9
2	KENTTÄKOKKEET	10
2.1	Kokeiden toteutustapa	10
2.2	Poikkiraitakokeet (kulutuskokeet)	11
2.2.1	Mt 1186 Lohjanharju	11
2.2.2	Vt 4 Kemi	15
2.2.3	Poikkiraitakokeen kulumisvertailu	18
2.3	Näkyvyys- kunto- ja paluuheijastavuustutkimukset	19
2.3.1	Mt 1186 Lohjanharju	19
2.3.2	Vt 4 Kemi	21
2.3.3	Vt 4 Mäntsälä	24
2.3.4	Vt 4 Oulu	25
2.3.5	Betonikivimerkintäkokeilu Oulussa	27
2.3.6	Kymen piirin paluuheijastavuustutkimus	28
2.3.7	Yhteenveto paluuheijastavuusmittauksista	28
3	LABORATORIOKOKKEET	31
3.1	Poikkiraitakoe mt 1186:lla Lohjanharjulla	31
3.2	Kestomerkintäkoe vt 4:llä Oulun ohitustiellä	31
3.3	Paluuheijastavuusmittareiden vertailu	32
3.4	Paksuusmittausten vertailu	32
3.5	Tiekuluman vertailu SRK-kulumaan ja leikkauslujuuteen	33
4	KUSTANNUSTARKASTELU	35
4.1	Yleistä	35
4.2	Esimerkki 1	35
4.3	Esimerkki 2	39
4.4	Merkintäkustannusten vertailu	39
5	YHTEENVETO	41
6	LIITTEET	42

## 1 JOHDANTO

Tiemerkintäohjeiden kehittämiseksi toteutettiin 1980-luvulla tiehallituksen toimeksiannosta tie- ja laboratoriotutkimuksia, joiden tuloksena laadittiin ohjeet kestopiemerkintämassojen ja merkinnöissä käytettävien lasihelmien laatuvaatimuksiksi. Erityistä huomiota kiinnitettiin merkintöjen kulutuskestävyyteen ja paluuheijastavuuteen.

Kokeet tehtiin sekä kuumana että kylmänä levitettävillä kestopiemerkintämassoilla, joita käytetään pääasiassa vain vilkkaasti liikennöidyillä pääteillä ja risteysalueilla. Tiemerkinnät tehdään yleisesti maalaamalla. Näiden merkintätapojen kestävyyserot ovat huomattavat ja siksi on nähty tarpeelliseksi kehittää uusia kulutuskestävyys- ja paluuheijastavuusvaatimukset täyttäviä merkintämenetelmiä ja -materiaaleja, jotka täydentäisivät kesto- ja maali-merkintöjen väliin jäävää aluetta.

Merkintätavoissa voidaan erottaa seuraavat menetelmät:

- jatkuva merkintä pinnalle levitettynä
- jatkuva merkintä upotettuna
- profiloitu merkintä (esim. shakkiruutu)

Tutkimuksessa vertailtiin seuraavia merkintämateriaaleja:

- maali (normitettu vertailumateriaali)
- massakoneella levitetty 3 mm:n kuumamassa (normitettu vertailumateriaali)
- massakoneella levitetty kevennetty kuumamassa
- ruiskutettava kuumamassa
- maalaus-koneella ruiskutettava 2-komponenttimassa
- itseliimautuva teippimerkintä

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää uusien, erityisesti 3 mm ohuempien kuuma- ja kaksikomponenttimassojen ns. kevennettyjen massamerkintöjen käyttökelpoisuutta sekä teknillisessä (näkyvyys, liikenneturvallisuus) että taloudellisessa (kestävyys, kustannukset) mielessä.

## 2 KENTTÄKOKEET

### 2.1 Kokeiden toteutustapa

Kenttätutkimuksen koekohteet valittiin Etelä-Suomen sateiselta rannikko-seudulta ja Pohjois-Suomen kylmistä olosuhteista. Erityisen tärkeän reuna-viivojen yönäkyvyyden selvittämiseksi koealueiksi valittiin vilkasliikenteisiä moottoriliikenneteitä.

Kenttäkokeet toteutettiin **poikkiraitakokeena** ja **tiekokeena**, joissa tutkittiin seuraavia asioita:

#### Poikkiraitakoe

- kulutuskestävyys (pinta-alamuutos)
- paluuheijastavuus
- tartunta (lohkeamien pinta-ala)
- merkinnän kunto (subjektiivinen arviointi, valokuvaus)
- merkinnän taloudellisuus (materiaalimenekki, kestävyys, materiaalikustannukset)

#### Tiekoe

- paluuheijastavuus (yönäkyvyys)
- merkinnän kunto
- tartunta ja kulutuskestävyys
- merkinnän taloudellisuus

Kokeen seurannassa käytettiin seuraavia mittausmenetelmiä:

#### 1. Paluuheijastavuus

- paluuheijastavuusmittari ERICHSEN (lähivalot)
- paluuheijastavuusmittari LTL-800 (kaukovalot)

Paluuheijastavuusmittauksen toteutusperiaate on esitetty liitteessä 1.

#### 2. Kulutuskestävyys

Kulutuskestävyys määriteltiin seuraavilla tavoilla:

- merkinnän pinta-alamuutos arvioitiin joko koepaikalla tai koeviivoista otetuista valokuvista
- merkinnän paksuus mitattiin Timo Unholan kehittämällä paksuusmittarilla, jolla saadaan selville merkinnän korkeus vertailutasosta, päällysteen pinnasta.

#### 3. Tartunta

Tartunnassa esiintyvät puutteet arvioitiin subjektiivisesti merkinnässä esiintyvien vaurioiden perusteella.



#### 4. Merkinntän kunto

Merkinntän kunto arvioitiin silmäääräisesti joko valokuvista tai paikalla tehtyjen havaintojen avulla.

Poikkiraitojen periaatteellinen sijoitustapa on esitetty liitteessä 2, kenttätutkimushavaintojen seurantalomake liitteessä 3, seurantalomakkeen täyttöohjeet liitteessä 4 ja kokeilun aikataulu liitteessä 5.

Kaikista koemateriaaleista otettiin näytteet laboratoriotestejä varten. Näytteistä tutkittiin materiaalien kulutuskestävyyttä, tarttuvuutta ja paluuheijastavuutta. Laboratoriotutkimuksissa oli tarkoitus selvittää mm. löytyykö tie- ja laboratorioskokeiden välille niin luotettava riippuvuus, että kalliit ja pitkäaikaiset tiekokeet voitaisiin korvata laboratorioskokeilla.

### **2.2 Poikkiraitakokeet (kulutuskokeet)**

Poikkiraitakokeessa seurattiin erityisesti kulutuskestävyyttä, joskin merkintöjen päältä tehtiin myös paluuheijastavuusmittauksia. Poikkiraidat tehtiin Uudenmaan piiriin mt 1186:lle Lohjanharjulle ja Lapin piiriin vt 4:lle Kemiin. Työtavoiltaan kokeet poikkesivat toisistaan siten, että Lohjanharjulla koeviivat tehtiin sekä koneella että käsityönä, mutta Kemissä ainoastaan koneella. Tekotapojen erot vaikuttavat erityisesti merkintöjen paksuuteen, pinnan tasaisuuteen ja helmien sirottelyn tasalaatuisuuteen.

#### **2.2.1 Mt 1186 Lohjanharju**

Lohjanharjun poikkiraitakoe toteutettiin 30.9.1990. Kokeeseen osallistui kaikkiaan 26 koementää. Kutakin merkintää valmistettiin kolme viivaa siten, että kahteen viivaan siroteltiin helmet normaalisti ja yksi viivoista jätettiin ilman helmiä vertailujen helpottamiseksi.

Merkintöjen tekovaiheessa seurattiin ilman ja massojen lämpötilaa sekä koementöjen kuivumisaikaa. Koemateriaalit, työaikaiset havainnot ja paluuheijastavuusarvot (mitattu 1 - 2 h) on esitetty taulukossa 1. Yleiskuva merkintöjen sijainnista koealueella on esitetty kuvassa 1.

Kulutuskestävyys arvosteltiin tiellä Unholan paksuusmittarilla tehtyjen mittausten ja valokuvista arvioitujen merkintöjen jäljellä olevien pintaalojen (%) perusteella. Tarkasteluajankohdat olivat 10.9.1990, 27.3.1991 ja 4.12.1992.

Liikennemäärältään koepaikka edustaa vilkasta liikennettä, sillä KVL on 6000. Nastarengasliikenteen vaikutus huomioitiin siten, että seuranta-ajan 10.9.90 - 4.12.91 KVL:ksi arvioitiin  $1,2 \times 6000 = 7200$  KVL.

## KENTTÄKOEET

Taulukko 1. Mt 1186 (Lohjanharju, Uusimaa) poikkiraitakokeeseen osallistuneet merkin-  
tämateriaalit ja niiden työnaikaiset havainnot.

KESTOMERKINTÄMASSOJEN POIKKIRAITAKOE LOHJANHARJULLA									
Tekijä/Massa	Tehty	Nro	Lämpöt.	Kov.aika	LTL-800	Huom			
Tav.paks/väri	Pvm klo	Sir.	Ilma/pinta		MittPvm				
30.8.									
Mäki & Palmroos	10:30	1 S	14	170	alle	60			
AMP 101 1-2 mm		2 S		167	5	64			
valk kuoppa		3 M		192	min	35			
Mäki & Palmroos	11:45	4 S		185	alle	65			
AMP 101 1-2 mm		5 S		-	5	60			
kelt kuoppa		6 M		-	min	18			
Tielinja Oy	10:30	7 S	15	185	alle	180			
HOT MARK ohut 1-2mm		8 S		190	5	90			
valk kuoppa		9 M	18	190	min	20	Kuplii, alle jäi kosteutta		
Tielinja	10:45	10 S		198	alle	280			
HOT MARK 11 VH 3 mm		11 S		198	5	280			
valk kuoppa		12 M		200	min	22	varsinkin alareunaan		
31.8.									
Valtatie Oy	9:20	13 S	16	200	alle	40-80	Helmet liian myöhään, eivät tarttuneet		
KMSK 2/H 1-2 mm		14 S			5	60-160			
valk kuoppa		15 M		220	min	40			
3 M Oy	10:30	16 S)	17	-	-	580			
STAMARK A 350		17 S)		-	-	480			
valk teippi		18 S)		-	-	520	Tarra- kiinnitys, alle liima		
3 M Oy		19 S)		-	-	260			
STAMARK 6390		20 S)		-	-	280	S)=Kaikissa		
valk teippi		21 S)		-	-	270	helmet pinnassa		
3 M Oy		22 S)	18	-	-	920			
STAMARK A 380		23 S)		-	-	860	Kohoumia, joiden reu- nassa helmiä		
valk teippi 20cm		24 S)		-	-	870			
3 M Oy		25 S)		-	-	400-1400	Leveä, muovisia		
STAMARK L 520		26 S)		-	-	450-1400	heljastimia		
valk teippi 20cm	11:30	27 S)	17	-	-	400-1600	(n. 2 mm kork.)		
4.9.									
Tielaitos	9:20	28 S	12	-	5-	180	V		
maali Tik.k.vers 1		29 S		-	10	190	E		
valk kone		30 M		-	min	45	R		
Tielaitos		31 S		-	5-	140	T		
maali Tik.k.vers 1		32 S		-	10	150	A		
kelt kone		33 M		-	min	30	I		
Tielaitos		34 S		180	alle	320	U		
AMP 26 (M&P) 3 mm		35 S			5	310	O		
valk kone		36 M	13		min	35	U		
Tielaitos	11:30	37 S		180	alle	160	U		
AMP 26 (M&P) 3 mm		38 S			5	145	D		
kelt kone		39 M	15	190	min	12	E		
10.9.									
Tasotuote Oy	9:45	40 S	13	16	15-	340	11.9.		
2-k massa 1000 + h		41 S			30	320	sapluuna+		
lyrs 1,2 mm ruisku		42 (M)			min	200	teippi		
Tasotuote Oy	10:45	43 S	15	p	15-	300	helmiä ajautui		
2-k massa 1000 + h		44 S		a	30	380	sapluunasta		
lyrs 2 mm ruisku		45 (M)		r	min	130	tipahteil		
Tasotuote Oy		46 S		i			helmiä ajautui		
2-k massa 1000 + h		47 S		a	15-	350	käsini		
lyrs 3 mm kelkka		48 (M)	16	a	30	330	työnnettävä		
Tasotuote Oy	11:45	49 S		t	s min	170	levityskelkka		
2-k massa 3000 + h		50 S		e	15-	400	kuten yllä		
lyrs 3 mm kelkka		51 (M)		t	30	390			
Tasotuote Oy	12:00	52 S	15	a	t min	140			
2-k massa 1000 + h		53 S		i	15-	350	teippi+		
1,2 mm ruisku		54 M		t	30	320	suojapaperi		
Tasotuote Oy		55 S		e	min	50			
2-k massa 1000 + h		56 S	16	t	15-	340	kuten yllä		
2 mm ruisku		57 M		a	30	320			
Tasotuote Oy		58 S		i	min	25			
2-k massa 1000 + h		59 S		a	15-	330	kelkka		
3 mm kelkka		60 M		p	30	380			
Tasotuote Oy		61 S		i	min	280	helmiä ajautui		
2-k massa 3000 + h		62 S		m	15-	420			
3 mm kelkka	14:00	63 M	16	a	30	160	helmiä kasapäin		
Tasotuote Oy		64 S	17	p	min	100	helmiä ajautui		
2-k massa 1000		65 S		i	15-	320			
0,5 mm ruisku	15:00	66 M		t	30	320	teippi+		
Tasotuote Oy		67 S		i	min	50	suojapaperi		
2-k massa 1000		68 S			15-	320			
0,8 mm ruisku		69 M			30	320	kuten yllä		
Tasotuote Oy		70 S			min	30			
2-k massa 1000		71 S	18		15-	320	kuten yllä		
1,2 mm ruisku	14:30	72 M			30	290			
Tasotuote Oy		73 S			min	35			
2-k massa 1000 + h		74 S			15-	320			
0,5 mm ruisku		75 M			30	360	kuten yllä		
Tasotuote Oy		76 S			min	40			
2-k massa 1000 + h		77 S			15-	320			
0,8 mm ruisku	13:30	78 M	16		30	310	kuten yllä		

TMR/TMR





Kuva 1. Poikkiraitakokeen sijainti mt 1186:lla Lohjanharjulla Uudenmaan tiepiirissä

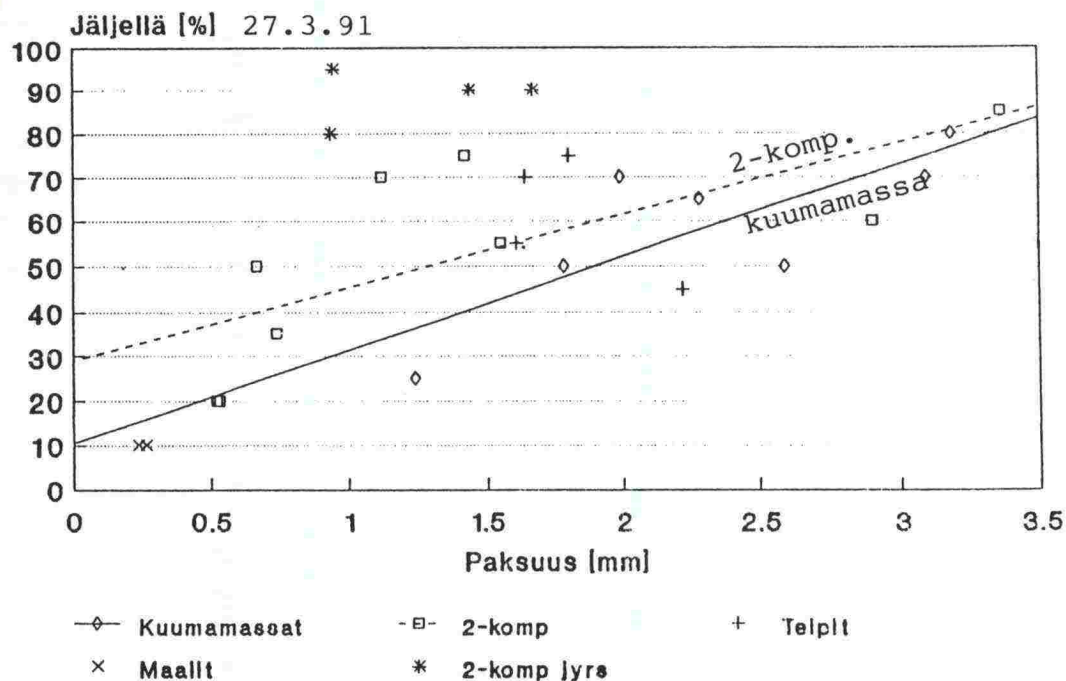
Kulutuskestävyytulokset 27.3.91 ja 4.10.91 on esitetty poikkiraidan jäljellä olevan pinta-alan perusteella kuvassa 2. Merkinnät on jaoteltu materiaalin ja tekotavan mukaan maaleihin, kuumamassoihin, pinta- ja jyrskyihin 2-komponenttimassoihin sekä teippeihin.

Tulokset osoittavat selvästi merkinnän paksuuden vaikutuksen kulutuskestävyyteen. Alle 1 mm paksuiset merkinnät kuluvat suhteessa nopeammin kuin paksummat materiaalit. Merkintämateriaalien väliset kulutuskestävyyserot ovat myös suuret. Maalit kuluvat paljon nopeammin kuin niiden paksuus edellyttäisi. Kysymys on siitä, että tiementäyttömaalien kulutuskestävyys on heikompi kuin kestopätkämassojen.

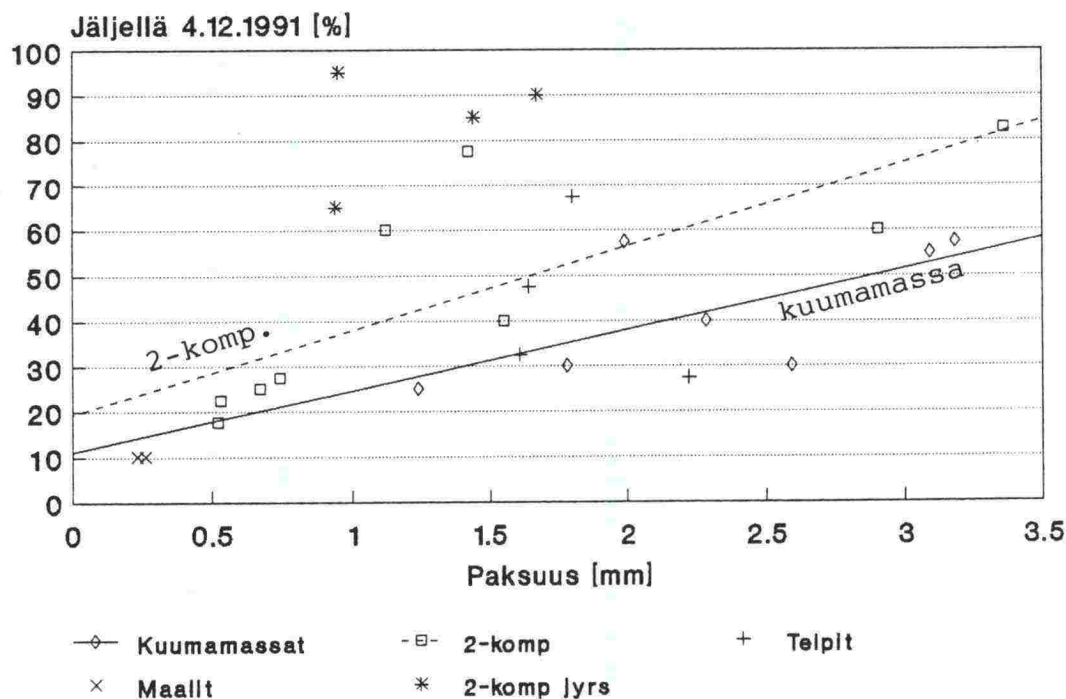
Kestopätkämassoista puolestaan 2-komponenttimassat näyttävät kestävän selvästi paremmin kuin kuumamassat. Eri valmistajien materiaaleissa on myös selviä kulutuskestävyyseroja. Teippien kulutuskestävyys on samaa luokkaa kuin kestopätkien, joskin hajonta on verrattain suuri.

Kuuma- ja 2-komponenttimassojen kulutuskestävyyseroja kuvaa havainnollisesti vertailu materiaalipaksuudesta, joka vaaditaan, jotta 50 % pinta-alasta olisi vielä jäljellä. Kuumamassoilla se on noin 2,8 mm ja kaksikomponenttimassoilla vastaavasti noin 1,6 mm eli "kulutuskestävyyssuhde 50%" on noin 1,8.

# Poikkiraitakoe, kulutus/paksuus



# Poikkiraitakoe, kulutus/paksuus



Kuva 2.

Erilaisten merkintämateriaalien ja -tapojen kulutuskestävyys Lohjanharjun poikkiraitakokeessa 27.3.91 ja 4.12.91 tehtyjen mittausten perusteella.



### 2.2.2 Vt 4 Kemi

Kemin koepaikka sijaitsee vt 4:llä Ristikankaan eritasoliittymän läheisyydessä loivassa kaarteessa. Koejärjestelyt, kokeeseen osallistuneet merkintämateriaalit ja niiden paksuudet sekä viivojen sijainti on esitetty liitteessä 6. Kyseisessä kohdassa on ohituskielto molempiin suuntiin. Nopeusrajoitus on 100 km/h kuten Lohjanharjullakin.

Koealueen päällysteenä on ABE18 ja KVL v. 1988 oli 10101 ajoneuvoa. Tehtyjen havaintojen mukaan päällysteen karkea ja huokoinen pinta vaikutti etenkin ohuilla kalvopakasuuksilla viivojen nopeaan kulumiseen. Viivat kuluivat puhki ensin korkeiden kivirakeiden päältä.

Kemissä merkinnät tehtiin koneella vinosti 45° kulmassa (kuva 3), joten ne tekotavaltaan vastaavat mahdollisimman hyvin normaalia työkäytäntöä.

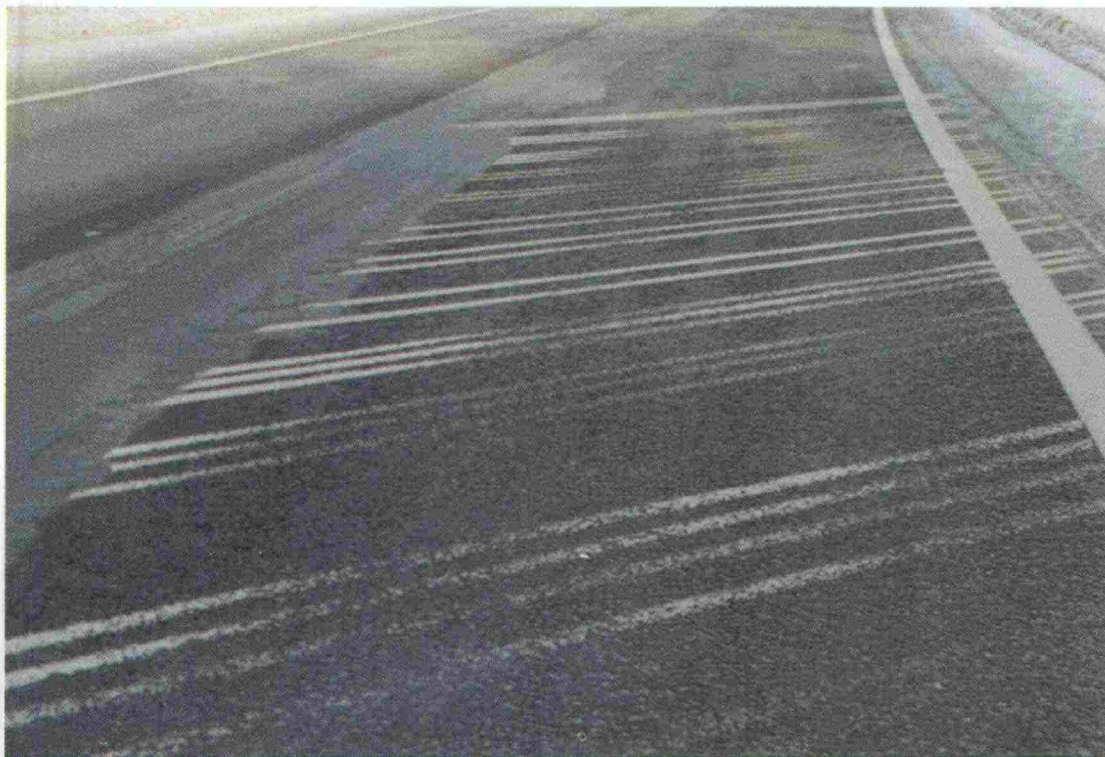


Kuva 3. Yleiskuva Kemin poikkiraitakokeesta, jossa merkinnät tehtiin 45° kulmassa.

Kokeeseen osallistuivat seuraavat materiaalit:

- a) Teknos Winterin ajoratamaalit valkoinen ja keltainen
- b) Teknos Winterin 2-komponenttimassa
  - ohuena versiona "1000"
  - paksuna versiona "3000"
- c) Tielinja Oy:n kuumamassa Hot Mark 11 VH
- d) Ruotsalainen kuumamassa Hot Line ER 20

Koealueen viivojen kunto 8.2.1991 on esitetty kuvassa 4. Tällöin eräät viivat olivat jo käytännöllisesti katsoen näkymättömiä, osassa viivoja esiintyi ajourien kohdalla kulumista, kun taas upotetut merkinnät olivat käytännöllisesti katsoen täysin ehjiä.



Kuva 4. Kemin poikkiraitakokeen merkintäviivojen kunto 8.2.1991 tehdyn kuvauksen perusteella.

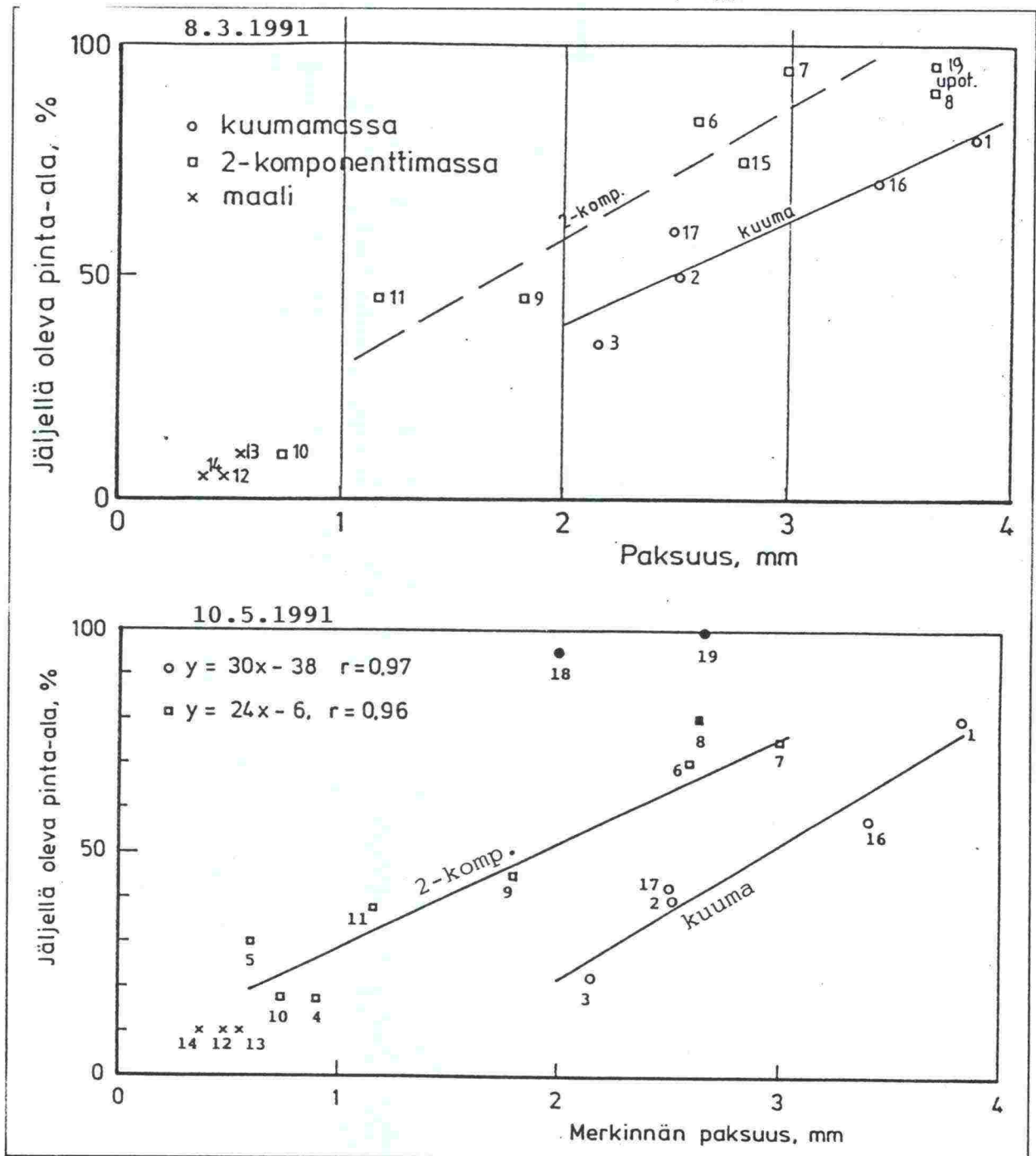
Koealueen kulumismittaukset tehtiin 8.3.1991 ja 10.5.1991. Kulumistulosten, ts. viivan jäljellä olevan pinta-alan ja viivan paksuuden perusteella on laadittu kuva 5, jossa kulutuskestävyyttä on tarkasteltu merkintätavoitain, ts. maalit, kuumamassat ja 2-komponenttimassat omina ryhminään.

Nastarengasliikenteen vaikutus on arvioitu KVL:n perusteella, jonka 1990 - 1991 arvioidaan olevan  $1,08 \cdot 10101 = 10900$  KVL.

Maaliraidat tehtiin Hofmannin matalapainekoneella ja kuumamassaraidat Tielinja Oy:n Hofmann-kuumamassakoneella. Ohuet 2-komponenttiraidat tehtiin Tasotuote Oy:n UR 600-kaksikomponenttikoneella ja paksut raidat vetolaatikolla. Työn seurannan perusteella on arvioitu maali- ja kuumamassamerkintöjen onnistuneen hyvin. Kaksikomponenttiraitojen teossa sen sijaan oli ongelmia. Kalvovahvuuksia ei saatu halutuiksi ja eräistä raidoista puuttuivat lasihelmet. Lisäksi seossuhteen muutokset vaikuttivat raitojen laatuun, erityisesti keltaisten, jotka kovettuivat huonosti.

Kemin poikkiraitakokeen kulutuskestävyystulokset osoittavat samanlaisen riippuvuuden sekä materiaalipaksuuden ja kulutuskestävyyden että materiaalin ja kulutuskestävyyden välille kuin Lohjanharjullakin. Kulutuskestävyyden ja merkinnän paksuuden välillä on erittäin selvä lineaarinen riippuvuus.





Kuva 5. Erilaisten merkintämateriaalien kulutuskestävyys Kemin Ristikankaan poikkiraitakokeessa 8.3.91 ja 10.5.91 tehtyjen havaintojen perusteella.

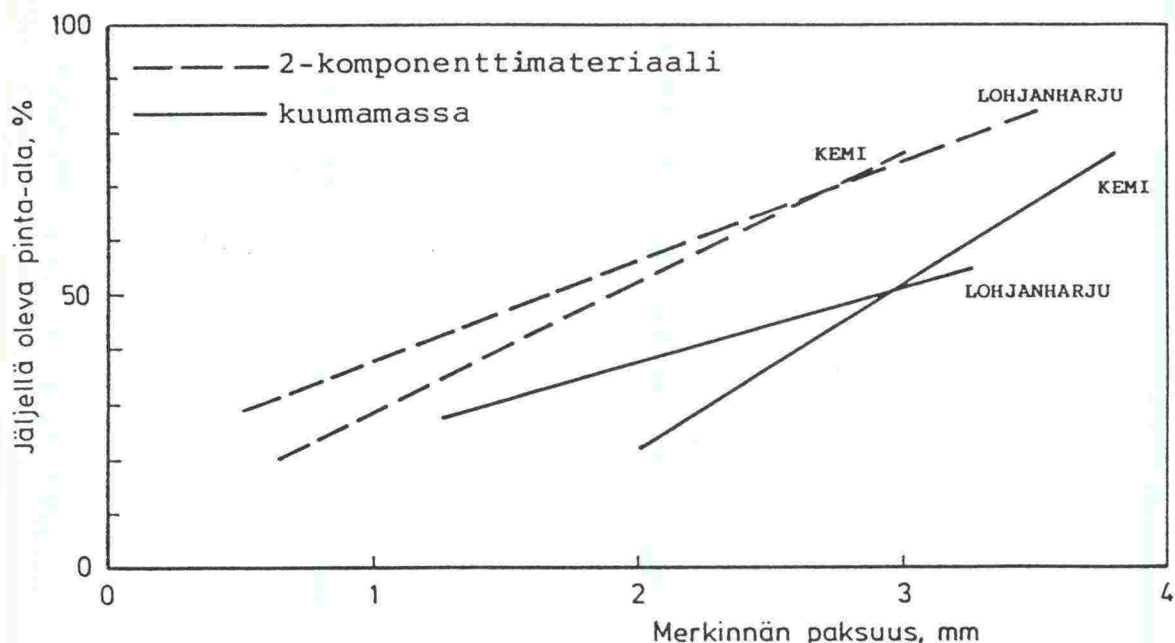
Kaksikomponenttimassa on osoittautunut kuumamassaa kulutusta kestävämmäksi siten, että 50 % kulumiseen on kaksikomponenttimassoilla johtanut noin 1,9 mm paksuus ja vastaavasti kuumamassoilla n. 2,9 mm paksuus eli "kulutuskestävyysuhde 50%" on noin 1,5.

Upotetut merkinnät ovat kestäneet hyvin, kuten on luonnollistakin, sillä niiden kestävyys määräytyy osaksi myös päällysteen kestävyys mukaan. Maalimerkinnät sensijaan ovat kuluneet aikaisessa vaiheessa ennen ensimmäisten havaintojen tekoa.

### 2.2.3 Poikkiraitakokeen kulumisvertailu

Lohjanharjun ja Kemin koalueiden liikennemäärät poikkeavat hieman toisistaan vertailulukujen ollessa KVL 7200 (Lohjanharju) ja KVL 10900 (Kemi). Mittaustuloksia ei ole saatettu yhteismitallisiksi em. suhteella, sillä Etelä- ja Pohjois-Suomen olosuhteet myös eroavat toisistaan. Tulosten voidaan siten ajatella edustavan ko. alueiden olosuhteita. Kulutuskestävyyttä voidaan tarkastella liikennemäärän perusteella eli KVL:n avulla ja haluttaessa arvioida erilaisilla liikennemäärillä. Nastarengasajoneuvojen suhteellinen osuus määräytyy Suomessa suoraan KVL:n perusteella, sillä maan eri osissa ei ole tässä suhteessa oleellisia vaihteluja.

Kulutuskestävyyttulokset materiaalin ja merkintäpaksuuden perusteella on esitetty kuvassa 6 (lopputilanne). Kuvasta 6 havaitaan, että varsinkin 2-komponenttimateriaalien kuluminen on ollut varsin samanlaista molemmilla koalueilla. Sen sijaan Lohjanharjun kuumamassojen kulutuskestävyys poikkeaa "yleisestä linjasta". Osasyynä tähän lienee se, että materiaalien kestävyudessa on ollut suurta hajontaa.



Kuva 6. Lohjanharjun ja Kemin poikkiraitakokeiden 2-komponentti- ja kuumamassojen tulosten vertailu merkinnän paksuuden ja jäljellä olevan merkintäpinta-alan perusteella.

Kulumiskäyrien kulmakertoimet eri materiaalien kesken eri koalueilla osoittavat, että koalueiden väliset erot ovat samantyyppiset, joten on oletettavissa että tähän eroon ovat vaikuttaneet nimenomaan ilmastolliset olosuhteet, kuten pakkaskauden pituus ja pinnan märkyys.

Upotetut merkinnät ovat kestäneet kummassakin kokeessa parhaiten, vaikkakin myös ne ovat alkaneet kulua. Todellisesta kulumisesta ei tähän pinta-alan mittaukseen perustuen voida kuitenkaan esittää tarkkoja arvoja.

Maalimerkinnät ovat toimineet molemmissa kokeissa samalla tavalla kuluessaan pois jo parin kolmen nastarengasliikennekuukauden jälkeen. Toisaalta poikkiraitakoe on vaativa.

"Oikea" tulos kulutuskestävyyttä ajatellen saataisiin mittaamalla pintaalamuutosten sijaan tilavuusmuutoksia. Tällaisia mittaustuloksia ei ole kuitenkaan ollut käytettävissä tätä raporttia laadittaessa.

## **2.3 Näkyvyys- kunto- ja paluuheijastavuustutkimukset**

### **2.3.1 Mt 1186 Lohjanharju**

Lohjanharjun poikkiraitakokeen teon yhteydessä mitattiin myös paluuheijastavuudet ja arvosteltiin merkintöjen onnistuminen. Koska merkinnät on tehty käsin, on työn aikana saatuihin kokemuksiin tukeutuen päätetty olla tekemättä johtopäätöksiä saaduista tuloksista. Erityisesti tämä koskee helmien käsin tapahtunutta levitystä, joka on pääasiassa epäonnistunut. Syys- ja lokakuussa tehdyt mittaukset havaintoineen on kuitenkin esitetty taulukossa 2.

Erityisesti kannattaa panna merkille merkinnöissä käytettyjen teippituotteiden hyvä paluuheijastavuus, joka on suuruudeltaan 260...920 mcd/m<sup>2</sup>/lx. Myös 2-komponenttimassojen paluuheijastavuudet ovat hyviä. Epäonnistumiset ovat tapahtuneet pääasiassa kuumamassojen ja maalien teossa.



## KENTTÄKOKEET

Taulukko 2. Lohjanharjun poikkiraitakokeen paluuheijastavuus- ja merkinnän paksuusmittausten tulokset syys- ja lokakuulta 1990 sekä merkintöjä koskevat havainnot.

Tekijä/Massa Tav.paks/väri	Nro Sir.	Korkaus mm ka kh	LIT-800 mod/m <sup>2</sup> -lx syyskuu lokakuu		Huom
			ka	kh	
Mäki & Palmroos	1 S	2,3 0,5	60	65	Sir.helmistä vain vähän jälj Alussa sir
AMP 101 1-2 mm	2 S		64	60	
valk kuoppa	3 M		35	45	
Mäki & Palmroos	4 S	2,0 0,4	65	25-120	Sir. helmistä ei paljon jälj Näkymätön
AMP 101 1-2 mm	5 S		60	25-130	
kelt kuoppa	6 M		18	15	
Tiellinja Oy	7 S	1,8 0,5	180	50	Sir. helmistä n. 10 % jälj ok
HOT MARK ohut 1-2	8 S		90	45	
valk kuoppa mm	9 M		20	40	
Tiellinja	10 S	3,2 0,5	280	250	Sir. helmet alueittain ok ok
HOT MARK 11 VH 3	11 S		280	270	
valk kuoppa mm	12 M		22	25	
Valtatie Oy	13 S	1,2 0,6	40-80	60-140	Yksittäisiä sir. helmiä harvassa Mistä helmet?
KMSK 2/H 1-2 mm	14 S		60-160	145	
valk kuoppa	15 M		40	140	
3 M Oy	16 S	1,6 0,5	580	600	Hyvä " "
STAMARK A 350	17 S		480	600	
valk teippi	18 S		520	600	
3 M Oy	19 S	1,6 0,4	260	275	Hyvät, kohoumien päältä vähän kuluneet
STAMARK 6390	20 S		280	275	
valk teippi	21 S		270	275	
3 M Oy	22 S	1,8 0,5	920	900	Erittäin hyvä " "
STAMARK A 380	23 S		860	900	
valk teippi 20cm	24 S		870	900	
3 M Oy	25 S	2,2 0,6	400-1400	250-800	Hyvät, heljastimet menettäneet tehoaan
STAMARK L 520	26 S		450-1400	250-800	
valk teippi 20cm	27 S		400-1600	250-800	
Tielaitos	28 S	0,3 0,4	180	130	Helmet sivussa, kohtalaiset Helkko
maali Tikk.vers 1	29 S		190	130	
valk kone	30 M		45	30	
Tielaitos	31 S	0,2 0,3	140	120	Kuten yllä Huono
maali Tikk.vers 1	32 S		150	90	
kelt kone	33 M		30	20	
Tielaitos	34 S	2,6 0,5	320	270	Helmet sivussa, muuten hyvät Helkko
AMP 26 (M&P) 3 mm	35 S		310	280	
valk kone	36 M		35	35	
Tielaitos	37 S	3,1 0,6	160	150	Kohtalaisen hyvät Näkymätön
AMP 26 (M&P) 3 mm	38 S		145	140	
kelt kone	39 M		12	15	
Tasotuote Oy	40 S	0,9 0,8	340	320	Hyvä " Piti olla matta
2-k massa 1000 +h	41 S		320	300	
jyrs 1,2 mm ruisku	42 (M)		200	200-300	
Tasotuote Oy	43 S	1,4 0,8	300	300	Hyvä " OK
2-k massa 1000 +h	44 S		380	280	
jyrs 2 mm ruisku	45 (M)		130	60	
Tasotuote Oy	46 S	1,0 0,7	350	340	Hyvä " Piti olla matta
2-k massa 1000 +h	47 S		330	380	
jyrs 3 mm kelkka	48 (M)		170	150-250	
Tasotuote Oy	49 S	1,7 0,7	400	420	Eritt. hyvä " " " OK
2-k massa 3000 +h	50 S		390	420	
jyrs 3 mm kelkka	51 (M)		140	80	
Tasotuote Oy	52 S	1,6 0,5	350	300	Hyvä " OK
2-k massa 1000 +h	53 S		320	300	
1,2 mm ruisku	54 M		50	45	
Tasotuote Oy	55 S	1,4 0,4	340	350	Hyvä " Helinäli
2-k massa 1000 +h	56 S		320	340	
2 mm ruisku	57 (M)		25	25-120	
Tasotuote Oy	58 S	3,4 0,5	330	360	Hyvä " Piti olla matta
2-k massa 1000 +h	59 S		380	360	
3 mm kelkka	60 M		280	40-240	
Tasotuote Oy	61 S	2,9 0,3	420	450	Eritt. hyvä Helmet myöh., irronneet?
2-k massa 3000 +h	62 S		160	150-300	
3 mm kelkka	63 M		100	75	
Tasotuote Oy	64 S	0,7 0,4	320	320	Hyvä " OK
2-k massa 1000	65 S		320	240	
0,5 mm ruisku	66 M		50	40	
Tasotuote Oy	67 S	0,5 0,3	320	280	Hieman irronneita Hyvä OK
2-k massa 1000	68 S		320	300	
0,8 mm ruisku	69 M		30	30	
Tasotuote Oy	70 S	1,1 0,5	320	340	Hyvä " OK
2-k massa 1000	71 S		290	320	
1,2 mm ruisku	72 M		35	20	
Tasotuote Oy	73 S	0,5 0,4	320	310	Hyvät, ohuet OK
2-k massa 1000 +h	74 S		360	340	
0,5 mm ruisku	75 M		40	50	
Tasotuote Oy	76 S	0,7 0,6	320	250	Hyvä " OK
2-k massa 1000 +h	77 S		310	200-340	
0,8 mm ruisku	78 M		30	50	

### 2.3.2 Vt 4 Kemi

Kemin poikkiraitakokeen yhteydessä tutkittiin sekä merkintöjen kuntoa että paluuheijastavuutta uutena ennen nastarengasliikennettä 22.8.90 ja juuri ennen nastarengasliikenteen alkua 4.10.90.

Mittaustulokset on esitetty taulukossa 3, jossa mitta-alue 1 = oikean ja vasemman uran mittaustuloksen keskiarvo ja 2 = urien välisen mittaustuloksen mittaustulos.

Taulukko 3. *Paluuheijastavuudet 22.8.1990 ja 4.10.1990 vt 4:n poikkiraitakokeessa Kemissä.*

Nu- me- ro	Materiaali ja ohjepaksuus				Paluuheijastavuus mcd/m <sup>2</sup> /lx		
					22.8.90	4.10.90	
						Alue 1	Alue 2
1	Hot Mark 11 VH	3 mm	valk.		140	140	205
2	Hot Mark 11 VH	1,5-2 mm	valk.		135	125	215
3	Hot Line ER 20	1,5-2 mm	valk.		165	140	195
4	2-k. 1000	900 mm	kelt.		50	70	75
5	2-k. 1000	600 mm	kelt.		55	55	60
6	2-k. 3000	1500 mm	valk.		195	210	295
7	2-k. 1000	1500 mm	valk.		115	135	170
8	2-k. 3000	upot 1-2 mm	valk..		115	145	195
9	2-k. 1000	1500 mm	valk.		90	100	120
10	2-k. 1000	900 mm	valk.		85	100	115
11	2-k. 1000	500 mm	valk.		75	100	105
12	T W maali	350 mm	valk.		40	55	90
13	T W maali	350 mm	kelt.		35	50	60
14	T W maali	350 mm	valk.		45	45	60
15	Maali + 2.k. 1000	350 +2600 mm	kelt.		40/130	40/155	60/190
16	Hot Line ER 20	3 mm	kelt.		65	50	80
17	Hot Line ER 20	1,5-2 mm	kelt.		70	50	75
18	Hot Mark 11 VH	upot 1,5-2 mm	valk.		110	135	145
19	Hot Mark 11 VH	upot 3 mm	valk.		115	190	175

Taulukon 3 perusteella on taulukkoon 4 laskettu eri materiaaleille keskiarvot keskinäisten erojen selvittämiseksi.



Taulukko 4. Paluuheijastavuuksien keskiarvot vt 4:n poikkiraitakokeessa Kemissä.

Materiaali	Väri	Paluuheijastavuus mcd/m²/lx		
		22.8.90	4.10.90	
			Alue 1	Alue 2
Kuumamassa	valk.	133	146	187
2-komponentti	valk.	113	132	167
Maali	valk.	43	50	75
Kuumamassa	kelt.	68	50	78
2-komponentti	kelt.	53	63	68
Maali	kelt.	35	50	60

Tulokset osoittavat, että lokakuun mittauksissa on saatu systemaattisesti paremmat tulokset kuin elokuussa ja urien välissä puolestaan paremmat arvot kuin ajourissa, mikä on luonnollistakin.

Kuumamassoilla on saatu keskimäärin hieman paremmat paluuheijastavuusarvot kuin 2-komponenttimateriaaleilla. Maalausten arvot ovat huonoimmat. Valkoisten ja keltaisten merkintöjen paluuheijastavuudessa on erittäin suuri ko. materiaaleille tyypillinen ero.

Merkintämateriaaleista parhaimman paluuheijastavuuden ovat antaneet Hot Mark 11 VH, Hot Line ER 20 ja Teknos Winterin 2-komponenttimassa 3000.

Kemissä tutkittiin myös reuna-, keski- ja sulkuviivojen paluuheijastavuus neljällä koealueella. Mittauspaikat on esitetty liitteessä 6 ja mittaustulokset taulukossa 5.

Yhteenvetona merkintöjen **kunnosta** voidaan tehtyjen havaintojen perusteella esittää seuraavaa:

2-komponenttimateriaalit

- Kahden suuttimen raja näkyvissä paikoitellen
- Uudella tasaisella alustalla pysyvyys hyvä, mutta kuluneella alustalla kiviä kärjet tulivat lävitse.

Kuumamassa

- 40 cm viivojen 10 mm upotetut massat säilyneet hyvässä kunnossa
- 20 cm viivojen alle 5 mm upotetut ja pintamassat irronneet alustastaan useassa paikassa jopa niin, että merkinnän pystyi irrottamaan käsin (työvirhe?)
- 10 cm viivan upotetut massat pysyneet hyvin alustassaan.

Taulukko 5. Kemin merintämateriaalien paluueijastavuustutkimuksen tulokset.  
Mittaukset on tehty syksyllä 1990.

Koe- alue	Materiaali	Tulos mcd/m <sup>2</sup> /lx	Huom
1	2-k 1000 900µm	90	vanha päällyste
2	kuumamassa	250	upotettu reunaviiva
3	2-k 900µm	240	reunaviiva
	2-k 900µm	160	keskiviiva
	2-k 900µm	190	keskiviiva
	2-k 900µm	185	reunaviiva
	2-k 900µm	165	keskiviiva
	2-k 900µm	75	sulkuviiva keltainen
	2-k 500µm	230	reunaviiva
	kuumamassa	370	reunaviiva upotettu 2 mm
	kuumamassa	380	reunaviiva upotettu 2 mm
	kuumamassa	370	reunaviiva upotettu 2 mm
	kuumamassa	340	reunaviiva upotettu 2 mm
	kuumamassa	300-400	ramppi (katkov.) upotettu 10 mm
	pintamassa	175	reunaviiva ramppi
	pintamassa	195	reunaviiva ramppi
	pintamassa	345	reunaviiva
4	2-k 900µm	150	keskiviiva
	2-k 900µm	200	reunaviiva
	2-k 900µm	180	reunaviiva
	2-k 900µm	100	reunaviiva
	2-k 900µm	55	sulkuviiva keltainen
	kuumamassa	245	reunaviiva upotettu 5 mm
	kuumamassa	100	suojatie upotettu 10 mm
	kuumamassa	130	pysäkki (katkov.) upotettu 5 mm
	kuumamassa	135	suojatie (ajoura) upotettu 10 mm
	kuumamassa	190	reunaviiva upotettu 2 mm
	pintamassa	200	ramppi reunaviiva
	pintamassa	80	keskialue keltainen
	maali	85	keskialue keltainen

Edellä esitetyistä mittaustuloksista on laskettu materiaaleittain keskiarvot, kuten edellä Kemin poikkiraitakokeenkin yhteydessä. Tulokset ovat taulukossa 6.

Taulukko 6. Paluuheijastavuuksien keskiarvot Kemin merkintämateriaalikokeissa.

Materiaali	Väri	Paluuheijastavuus mcd/m <sup>2</sup> /lx
Kuumamassa	valk.	252
2-komponentti	valk.	180
Maali	valk.	-
Kuumamassa	kelt.	80
2-komponentti	kelt.	65
Maali	kelt.	85

Mittaustulokset ovat samansuuntaiset kuin edellisekin, ts. kuumamassoilla on saatu hieman paremmat paluuheijastavuudet kuin kaksikomponenttimateriaaleilla. Valkoisten ja keltaisten merkintöjen kesken on suuri ero, joskin keltaisella maalilla on ollut yllättävän hyvä paluuheijastavuus.

Reunaviivan paluuheijastavuus on ollut kummallakin materiaalilla parempi kuin muiden merkintäviivojen. Syynä on se, että rampeilla, suojateilla ja vastaavissa paikoissa ajoneuvoliikenne ylittää ne useammin kuin reunaviivan. Ohuena pintamerkintänä tehdyn kuumamassan paluuheijastavuus oli 2-komponenttimateriaalin luokkaa.

### 2.3.3 Vt 4 Mäntsälä

Mäntsälässä vt 4:llä on merkintämassojen paluuheijastavuuskoe toteutettu normaalinä merkintätyönä noin 50 km matkalla. Mittaukset tehtiin noin 2 km välein. Kokeiluun osallistuneet massat ja niiden paluuheijastavuudet sekä paksuudet on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Paluuheijastavuus Mäntsälässä vt 4:llä toteutetussa normaalityönä tehdyssä kokeessa.

Numero	Materiaali	Paksuus mm	Paluuheijastavuus mcd/m <sup>2</sup> /lx		
			3.9.90	18.10.90	26.3.91
1	M&P Oy kuumamassa	1,3	255	210	20
2	Valtatie Oy kuumamassa, "shakkikuvio"	2,6	45	45	15/50
3	Tasotuote Oy 2-k.	0,5	255	235	20/40
4	Tielinja Oy kuumamassa	1,9	225/40 <sup>1</sup>	180/40	20/50
5	Tielaitos/U maali	0,2	135	110	25/40
<sup>1)</sup> Viivassa ajoradan puoleisessa osassa mattapintaa (ei helmiä)					



Vuonna 1990 tehtyjen mittausten perusteella eri merkitämateriaaleissa on suuria eroja. Shakkikuvioinnin huonot tulokset johtuvat siitä, että helmet eivät ole tarttuneet heijastavuuden kannalta oikeaan paikkaan eli kohouman etureunaan. Mittaukset on tehty kuivalta pinnalta. Sekä mittaustulosten että videotaltioinnin perusteella kuivalla kelillä olivat parhaimpia merkinnät 1, 3 ja 4, ts. kuuma- ja 2-komponenttimassat.

Shakkiruutumerkintä oli selvästi edellisiä huonompi. Maalimerkintä näkyi hyvin, jos sitä oli jäljellä. Märällä kelillä sen sijaan videotaltioinnin perusteella voidaan havaita, että erot eri merkintöjen kesken eivät ole suuria, vaan ne ovat käytännöllisesti katsoen samanarvoiset.

Keväällä 1991 tehtyjen mittausten perusteella kaikkien merkintöjen paluuheijastavuus on laskenut käytännöllisesti katsoen samalle tasolle eikä niiden kesken ole havaittavissa selvää systemaattista eroa.

Merkintöjen kunto on 24.1.1991 ja viimeisen 22.5.1991 tehdyn tarkastuskeran yhteydessä ollut jäljellä olevan pinta-alan perusteella seuraava:

Merkintä	24.1.91	22.5.91
1 Kuumamassa	98 %	75 %
2 Kuumam. shakkiruutu	95 %	70 %
3 2-komponentti	88 %	45 %
4 Kuumamassa	90 %	50 % (lohk.)
5 Maali	30 %	0 % (uusi)

### 2.3.4 Vt 4 Oulu

Oulun ohitustiellä tehdyn merkitämässakokeilun tavoitteena oli testata samasta materiaalista eri paksuisina viivoina tehtyjen merkintöjen kestävyyttä ja paluuheijastavuutta. Merkitämateriaalina oli Tasotuote Oy:n 2-komponenttimassa. Viivojen tavoitepaksuudet olivat 0,4 - 1,0 mm, mutta käytännössä paksuusvaihtelu 10 koealueella oli välillä 0,5 - 1,3 mm. Osa merkinnöistä tehtiin upotettuina.

Merkintöjen sijainti koealueella, merkintöjen suunnitellut ja toteutuneet paksuudet sekä viimeisimmät paluuheijastavuustulokset (3.10.1990) on esitetty kuvassa 7.

Oulun ohitustien paluuheijastavuustulokset kolmelta eri mittauskerralta on esitetty yhteenvetona taulukossa 8.

Sään ja liikenteen (ei nastarengasliikennettä) vaikutus näkyy siten, että paluuheijastavuus on pienentynyt erityisesti uuden ja kaksi kuukautta liikenteellä olleen merkinnän välillä. Se on pienentynyt myös seuraavaan mittauskertaan mennessä, noin 1,5 kk:n aikana, joskin vähennys on sekä absoluuttisesti että suhteellisesti pienempi.

		LTL-800 kuiva	Pohjoiseen		LTL-800 kuiva	
1 000						
950	Osuus 6	185	Hilseilyä, kulumista kivien päältä	Pinta poimuilla	180	Osuus 5
900	Tavoitepaksuus	145			185	Tavoitepaksuus
850	400 µm	160			190	1000 µm
800						1-2 mm upotus
750	Osuus 7	120			150	Osuus 4
700	Tavoitepaksuus	115			170	Tavoitepaksuus
650	600 µm	110			175	1000 µm
600						
550	Osuus 8	125			165	Osuus 3
500	Tavoitepaksuus	115			165	Tavoitepaksuus
450	800 µm	120			165	800 µm
400						
350	Osuus 9	115	Paikoitellen poimuja		135	Osuus 2
300	Tavoitepaksuus	120			130	Tavoitepaksuus
250	1000 µm	135			115	600 µm
200						
150	Osuus 10	130	Paikoitellen poimuja		150	Osuus 1
100	Tavoitepaksuus	130			140	Tavoitepaksuus
50	1000 µm	115			120	400 µm
	1-2 mm upotus			Alussa 30 m ilman sirotetta		
0 m						

Kuva 7. Vt 4:llä Oulun ohitustiellä tehdyn 2-komponenttimassakokeilun 10 alueen viivanpaksuudet ja viimeisimmät paluuheijastavuustulokset 3.10.1990.

Taulukko 8. Paluuheijastavuusmittaukset vt 4:llä Oulun ohitustiellä 19.6.90 (uutena), 21.8.90 ja 3.10.90. Materiaalina on Tasotuote Oy:n 2-komponenttimassa.

Koeosuus	Merkinnän paksuus mm	Paluuheijastavuus mcd/m <sup>2</sup> /lx		
		19.6.90	21.8.90	3.10.90
1	0,5	200	155	135
2	0,8	215	155	125
3	0,8	235	190	165
4	1,0	235	195	165
5	0,9 1-2 mm upotus	295	190	185
6	0,8	320	180	165
7	0,6	245	140	115
8	1,0	215	140	120
9	1,3	175	135	125
10	1,1 1-2 mm upotus	185	135	125
Keskiarvo		232	162	143

### 2.3.5 Betonikivimerkintäkokeilu Oulussa

Ajorataan tehtävissä merkinnöissä on mahdollista käyttää myös muita ratkaisuja kuin merkintämateriaaleja. Eräs tällainen ratkaisu on betonikivi, joita voidaan sideainetta ja kiviainesta vaihtelemalla valmistaa esim. harmaina, valkoisina ja mustina.

Oulussa oli kaksi kohdetta, toinen mt 18709:llä Kiimingintien ja Menninkäis-  
sentien risteyksessä ja toinen mt 830:llä Vaalantien ja Erkkolansillan risteyk-  
sessä, joissa kokeiltiin betonikivi- ja kestomerkitänuolta ja toisaalta betoni-  
kiveä ja maalattua nuolta. Mittarilla LTL-800 saadut paluuheijastavuudet  
3.10.90 tehdystä mittauksesta on esitetty seuraavassa asetelmassa:

Kohde	Sijaintipaikka	Mittaustulos	
1	Mt 18709		
	Betonikivinuoli	15 - 25 mcd/m <sup>2</sup> /lx	(joukossa ruskehtavia kiviä)
	Kestomerkitänuoli	60 mcd/m <sup>2</sup> /lx	(joukossa ruskehtavia kiviä)
2	Mt 830		
	Betonikivinuoli	28 mcd/m <sup>2</sup> /lx	(joukossa ruskehtavia kiviä)
	Maalattu nuoli	28 mcd/m <sup>2</sup> /lx	(joukossa ruskehtavia kiviä)



Tulokset osoittavat, että kestopäällysteen paluuehjäystävyys on selvästi parempi kuin betonikivinuolen tai maalattun nuolen paluuehjäystävyys.

### 2.3.6 Kymen piirin paluuehjäystävyystutkimus

Kymen piirissä mitattiin kesällä 1991 useilla eri tieosilla sekä vuonna 1990 että 1991 tehtyjen päällysteiden paluuehjäystävyttä. Merkinnät olivat joko reuna- tai keskiviivoina. Materiaaleina olivat kuumamassat, kaksikomponenttimateriaalit, spraymassa ja maali. Yksityiskohtaiset mittaustulokset on esitetty liitteessä 7 ja yhteenveto mittaustulosten keskiarvoista taulukossa 9.

Taulukko 9. Kymen piirin paluuehjäystävyysmittaukset.

Tekovuosi (mittausvuosi 1991)									Valmistaja
Keskiviiva			Reunaviiva			Sulkuviiva			
89	90	91	89	90	91	89	90	91	
			266	100		180 (v)			2-k Tasotuote
40			100	250		30			Kuumamassa AMP
108						65	68		Hot Line ER 20
			70						Cleanosol
			158						Spray Tieliinja
	150								Maali Kymi
Huom. v on valkoinen merkintä									

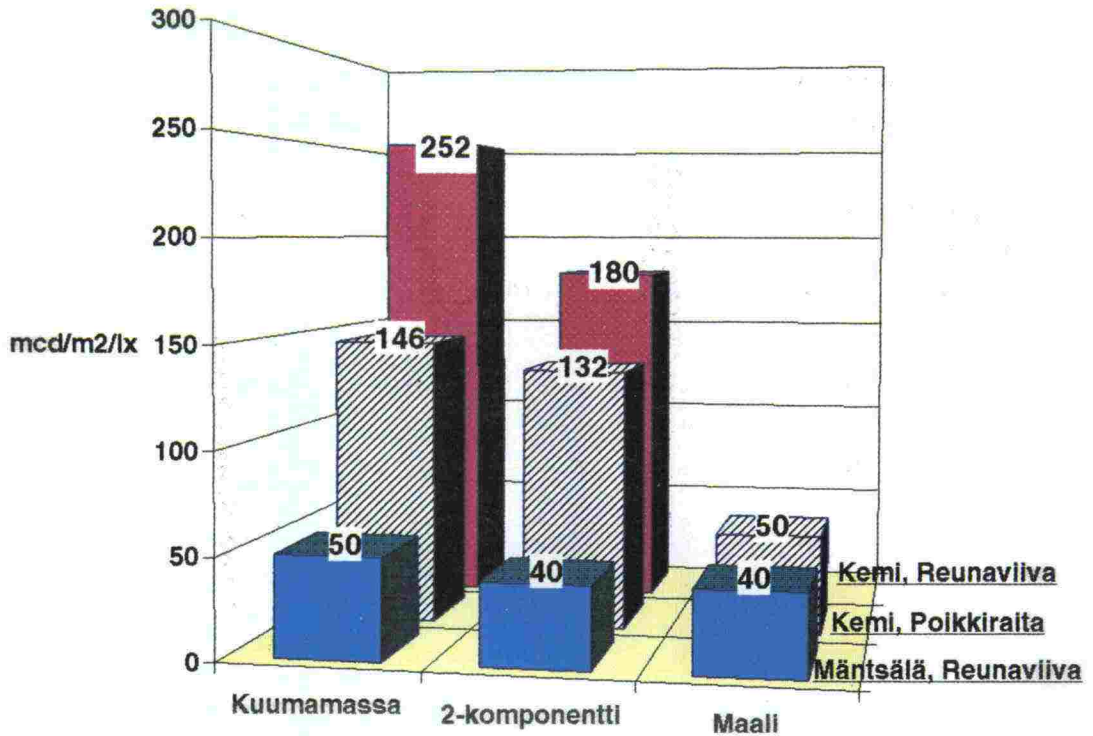
Huomiota kiinnittää erityisesti vuonna 1990 tehdyn kaksikomponenttimateriaalin poikkeuksellisen hyvä paluuehjäystävyys muihin verrattuna, sillä se on selvästi parempi kuin vuonna 1991 tehdyn vastaavan merkinnän tulos. Myös vuoden ikäisen spraymerkinnän ja kahden vuoden ikäisen kuumamassan Hot Line ER 20 paluuehjäystävyydet ovat hyvät.

Keltaisten päällysteiden paluuehjäystävyydet ovat valkoisia alhaisemmat, kuten on luonnollistakin.

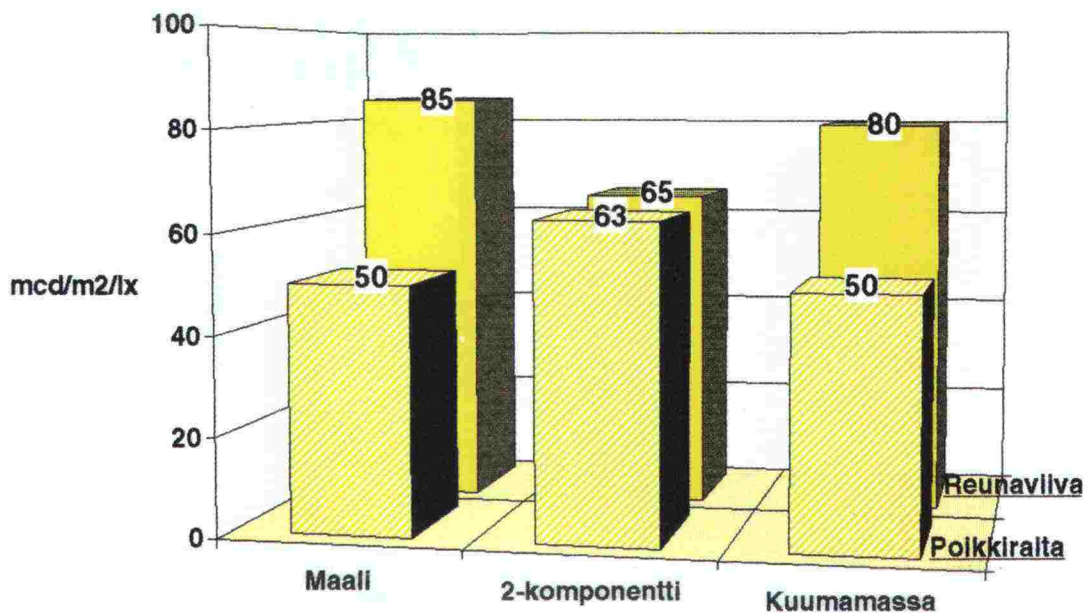
### 2.3.7 Yhteenveto paluuehjäystävyysmittauksista

Yhteenvetona eräistä vertailukelpoisista paluuehjäystävyyuskokeista on kuviin 8, 9 ja 10 kerätty kuumamassojen, 2-komponenttimateriaalien ja maalien keskiarvotuloksia. Ne osoittavat, että kuumamassojen paluuehjäystävyydet ovat lievästi paremmat kuin kaksikomponenttimateriaalien, kun taas maalit ovat ominaisuuksiltaan selvästi heikompia.

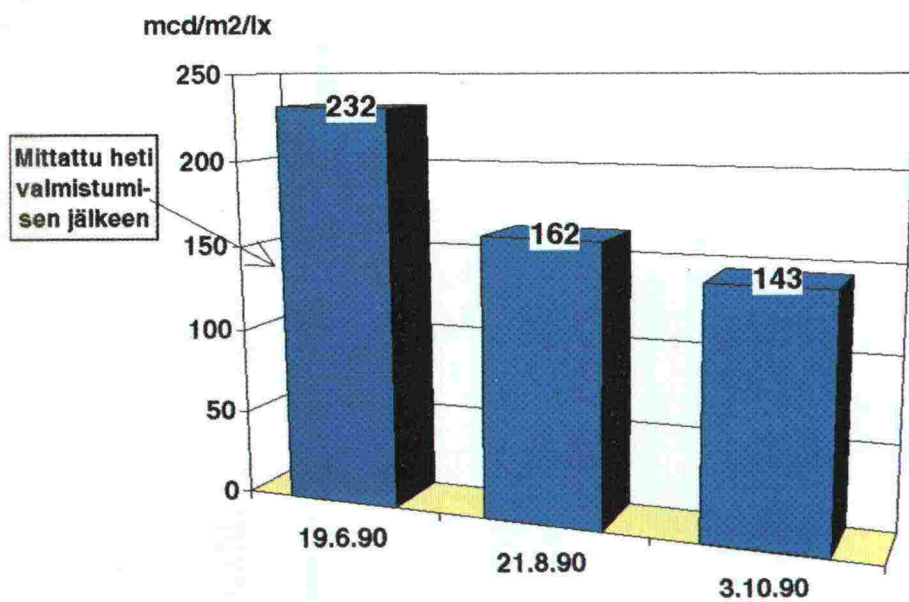




Kuva 8. Valkoisen värin paluuheijastavuuden keskiarvotulokset: Mäntsälän reunaviivakoe, mitattu 26.3.91 noin 8 kk:n kuluttua merkintöjen valmistumisesta. Kemin poikkiraitakoe, mitattu 4.10.90 noin 3 kk:n kuluttua merkintöjen valmistumisesta. Kemin reunaviivakoe, mitattu syksyllä 90 noin 2 kk:n kuluttua merkintöjen valmistumisesta.



Kuva 9. Keltaisen värin paluuheijastavuuden keskiarvotulokset: Kemin poikkiraitakoe, mitattu 4.10.90 noin 3 kk:n kuluttua merkintöjen valmistumisesta. Kemin reunaviivakoe, mitattu syksyllä 90 noin 2 kk:n kuluttua merkintöjen valmistumisesta.



Kuva 10. Paluuheijastavuuden keskiarvotulokset 2-komponenttikokeesta, Vt 4 Oulun ohitustie.

3 LABORATORIOKOKKEET

Merkintäkokeilujen yhteydessä tehtiin laboratoriotutkimuksia varten paluuheijastavuus- ja merkintäpaksuusnäytteitä. Niiden valmistus toteutettiin siten, että merkintätyön alkuun tai loppuun asetettiin alumiinipellin kappale, jonka päälle merkintä tehtiin samalla tavalla kuin viivallekin.

Laboratoriossa on verrattu kahta eri paluuheijastavuuden mittaamenetelmää, Erichseniä ja LTL-800:aa. Lisäksi on eräistä materiaaleista valmistettu koekappaleet SRK-kulutuskoetta varten.

Kokeen yhteydessä muodostui kuitenkin sellainen käsitys, että käsityönä tehtyjä merkintöjen vetoja pelleille ei tulisi käyttää paluuheijastavuuden eikä massan paksuuden arvostelussa, koska työn tasalaatuisuus esim. helmien sirottelyn osalta ei vastaa koneella tehtyä normaalia työtä.

3.1 Poikkiraitakoe mt 1186:lla Lohjanharjulla

Poikkiraitakokeen pelleille tehtyjen näytteiden tutkimustulokset on esitetty liitteessä 8. Tässä yhteydessä ei tuloksia analysoida tarkemmin aikaisemmin esitetyistä syistä johtuen.

3.2 Kestomerkintäkoe vt 4:llä Oulun ohitustiellä

Oulun ohitustiellä tehtyjen "peltinäytteiden" paluuheijastavuus- ja paksuusmittaustulokset on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Vt 4:llä Oulun ohitustiellä tehdyn kestomerkintäkokeen laboratoriomittausten tulokset.

LABORATORIOMITTAUKSET			
Peltinäytteet			
Osuus	Paksuus µm	Paluuheijastavuus mcd/m²/lx	
	ELCO	Erichsen	LTL-800
1	557	210	100
2	711	260	120
3	833	370	125
4	1 028	350	150
5	2 370	350	180
6	628	320	140
7	667	310	120
8	887	210	90
9	1 260	260	115
10	1 310	240	105

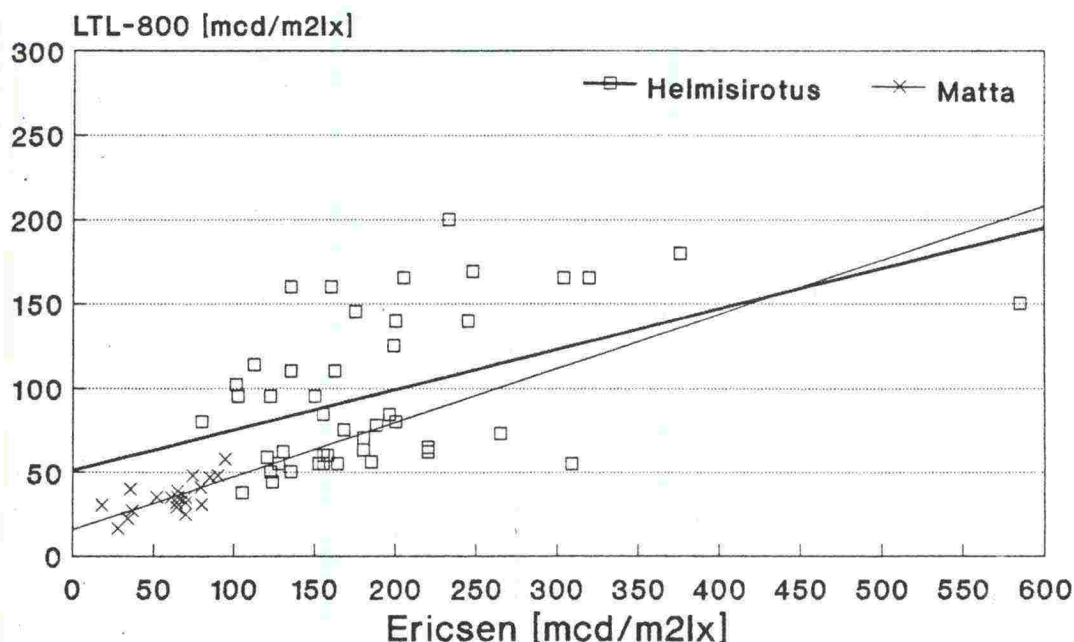


### 3.3 Paluuheijastavuusmittareiden vertailu

Tiellä tehdyissä mittauksissa on käytetty yksinomaan LTL-800:aa, mutta laboratoriossa on pelleille tehdyistä näytteistä mitattu myös Erichsen-mittarilla. Yleisenä piirteenä laboratoriomittauksille näytepellin päältä voidaan todeta, että mittaaminen luotettavasti on erittäin hankalaa. Tämä johtuu siitä, että mittareiden mittauskulmat ovat erittäin pienet, joten pienikin virhe näytteen asennossa oikeaan kulmaan verrattuna antaa suuren mittausrvirheen. Mitä epätasaisempi pinta on, sitä hankalampi on mittaaminen.

Kuvassa 11 on esitetty Lohjanharjun poikkiraitakokeen laboratoriokekeen paluuheijastavuuskokeiden laitevertailutulokset. Niistä havaitaan, että mittausten menetelmät antavat systemaattisesti erilaiset tulokset. LTL-800:lla saadut mittauks tulokset ovat lukuarvoltaan noin puolet Erichsenin mittauksiin verrattuna. Lisäksi mittausten hajonta on verrattain suuri. Syynä on se, että laitteiden mittauseriaatteet eroavat toisistaan ja toisaalta näytteiden pintojen epätasaisuus vaikeuttaa mittausta.

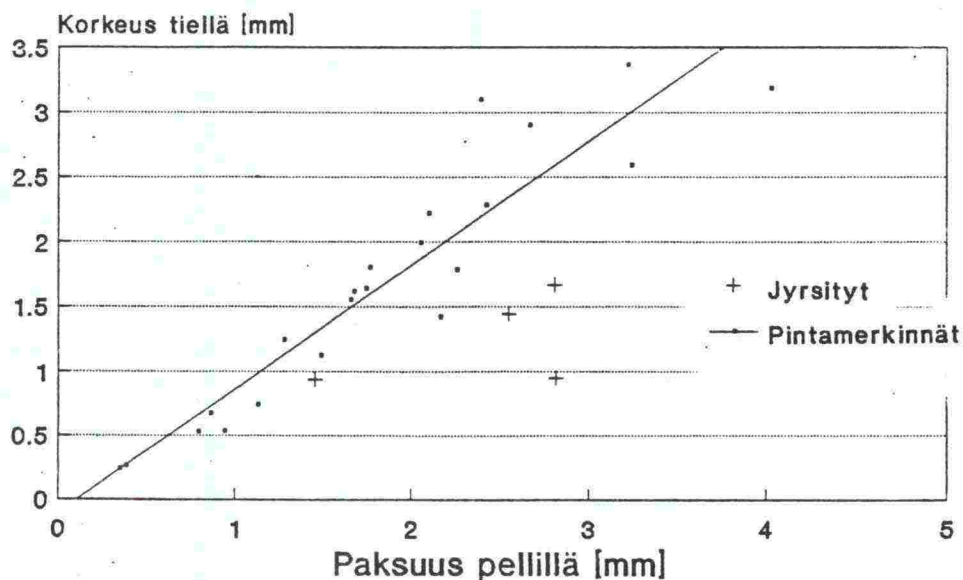
Oulun ohitustieltä (taulukko 10) saadut vertailutulokset ovat samansuuntaisia kuin Lohjanharjun tuloksetkin.



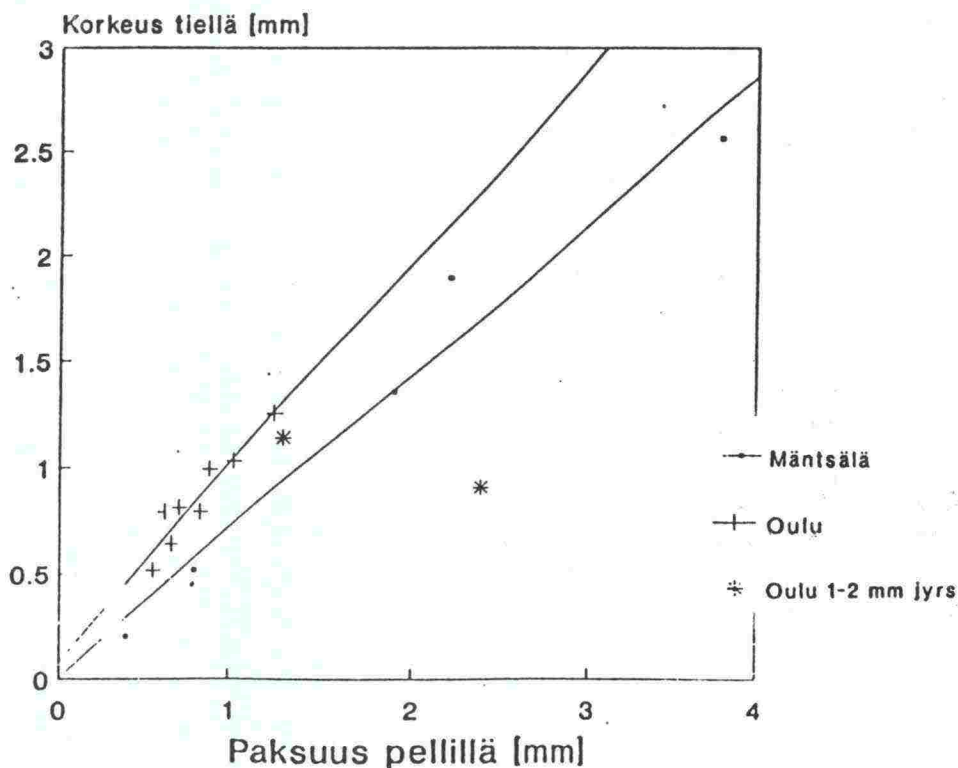
Kuva 11. Paluuheijastavuusmittareiden LTL-800 ja Erichsen vertailu Lohjanharjun poikkiraitakokeen yhteydessä pellille tehtyjen merkintänäytteiden avulla.

### 3.4 Paksuusmittausten vertailu

Lohjanharjulla, Mäntsälässä ja Oulussa pelleille tehdyistä näytteistä mitattuja paksuuksia on verrattu tiellä mitattuihin merkintäpaksuuksiin. Kuvassa 12 ovat tulokset Lohjanharjulta ja kuvassa 13 sekä Mäntsälästä että Oulusta. Kuten kuvista havaitaan, on mittaustavoilla hyvä lineaarinen riippuvuus. Paras looginen riippuvuus on Oulussa tehdyillä mittauksilla, mikä johtuu siitä, että siellä merkintöjen teko tapahtui koneellisesti.



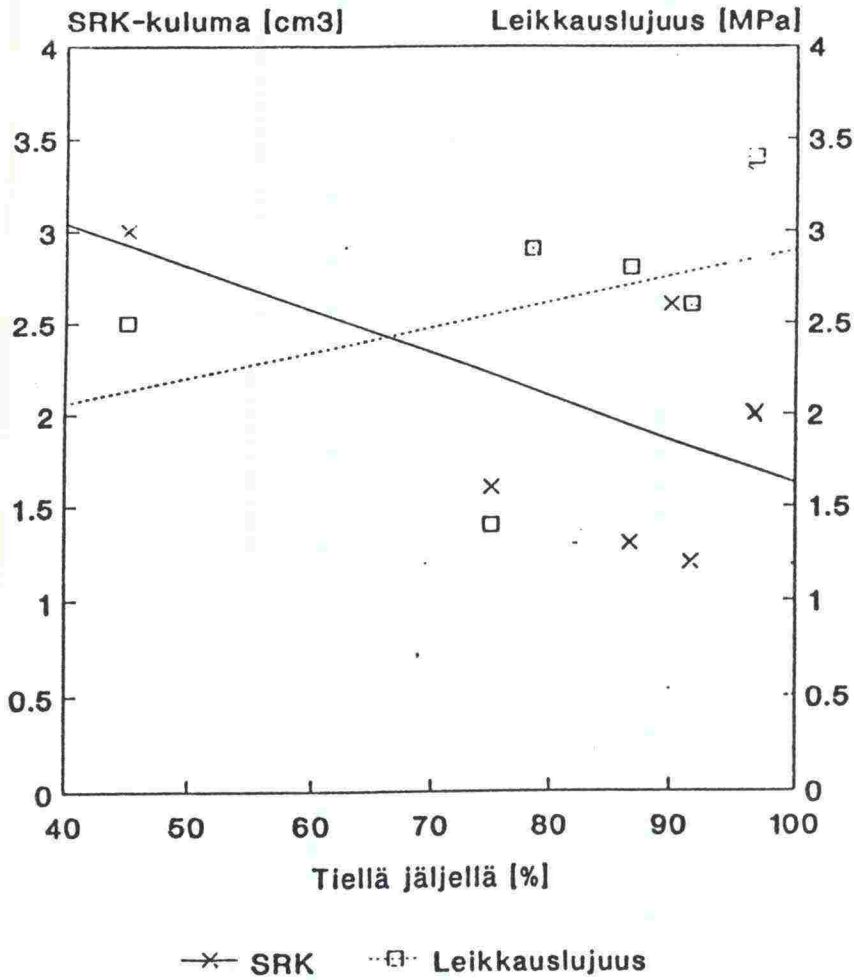
Kuva 12. Merkinämassan paksuus tiellä ja näytepellillä Lohjanharjun poikkiraitakokeessa (käsityö).



Kuva 13. Kestomerkinämassan paksuus tiellä ja näytepellillä Mäntsälän ja Oulun koeteillä (koneellinen veto).

### 3.5 Tiekuluman vertailu SRK-kulumaan ja leikkauslujuuteen

Lohjanharjun poikkiraitakokeen massoista on tehty näytteitä, joita on kulutettu SRK-koneessa ja joiden leikkauslujuutta asfalttipäällysteestä on testattu. Koetulokset on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Tiekuluman vertailu SRK-kulumaan ja merkintämassan leikkauslujuuteen massan ja asfalttipäällysteen välillä.

SRK-koe on tehty -20 °C lämpötilassa kuiva-ajona. Tulokset osoittavat suurta hajontaa, joskin riippuvuus on yleisesti ottaen looginen. Vastaavasti leikkauslujuuden ja tiekulutuskestävyyden välillä on lievä positiivinen korrelaatio ts. mitä parempi leikkauslujuus sitä parempi kulutuskestävyys.

## 4 KUSTANNUSTARKASTELU

### 4.1 Yleistä

Tarkoituksenmukaisesta ja taloudellisesta merkintätavasta kuhunkin käyttötilanteeseen ei ole tehty taloudellisuustarkasteluja. Eri merkintätapojen valinta käyttökohteisiin tehdään paljolti kokemusperäisesti. Kustannusvertailujen tarve korostuu, koska nykyisin on tarjolla useita merkintävaihtoehtoja.

Merkintätapojen edullisuustarkastelua vaikeuttavat erilaiset arvostuskysymykset ja kustannustekijöiden moninaisuus. Tässä tarkastelussa ei huomioitu merkintävaihtoehtojen näkyvyysominaisuuksia, vaan merkintöjä vertailtiin niiden kestoajan perusteella. Esitetyt kustannusvertailut ovat esimerkkejä, joiden tarkoitus on herättää ajatuksia hankekohtaisiin taloudellisuustarkasteluihin.

### 4.2 Esimerkki 1

#### Lähtötiedot

Lähtötietoina käytettiin tämän tutkimuksen väliraporttia "Kestomerkintäkokeet 1990 - 1991" (VTT:n tie-, geo- ja liikennetekniikan laboratorio, tutkimusraportti 14, Espoo, huhtikuu 1991).

Vertailtaviksi merkinnöiksi valittiin:

<u>Merkintätapa</u>	<u>Kalvovahvuus</u>	<u>Yksikköhinta</u>
1. Maalaustyö	0,35 mm	8,50 mk/m <sup>2</sup>
2. Kuumamassatyö		
- ohutmassa	1,50 - 2,00 mm	32,60 mk/m <sup>2</sup>
3. Kuumamassatyö		
- pintamerkintä	3,00 mm	54,00 mk/m <sup>2</sup>
4. 2-komponenttityö	0,80 - 1,00 mm	30,00 mk/m <sup>2</sup>

Laskentakorkokantana käytettiin 0 %, 5 % ja 10 % korkokantaa. Tarkasteltavat liikennemäärät olivat 2 000, 5 000, 10 000, 15 000 ja 20 000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

#### Laskelmat

Kullekin liikennemäärälle arvioitiin eri merkintätavan suhteellinen kesto aika väliraportissa esitetyn Kemin kulutuskokeen pohjalta. Tuloksia verrattiin eri tiepiireistä saatuihin kokemuspohjaisiin merkintöjen kestoikiin. Näiden perusteella päätettiin kunkin merkintätavan keskiviivan uusimiskä kullakin liikennemäärällä. Päällysteen kestoikänä käytettiin piireiltä saatuja tietoja. Merkintöjen- ja päällysteen kestoajat ovat esitetty taulukossa 10.



Taulukko 10. Keskiviivan ja päällysteen kestoikä vuosina eri liikennemäärillä.

Merkintätapa	Liikennemäärä ajoneuvoa/vrk				
	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000
Maalaus	1	1/2	1/3	-	-
Kuumamassa 3 mm	7	4	3	2	1
Ohut massa 1,5 mm	4	3	2	1	1/2
2-komponentti 0,8 mm	3	2	1	1/2	-
Päällysteen kestoikä	8	8	8	6	6

Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelman avulla laskettiin kullekin merkintätavalle nyky- ja annuiteetti-arvot 0 %, 5 % ja 10 % koroilla. Laskelmissa huomioitiin aina edullisin vaihtoehto. Esimerkiksi liikennemäärällä 5 000 kestää ohutmassa kolme vuotta tarkastelujakson ollessa kahdeksan vuotta. Taloudellisin vaihtoehto on tehdä ohutmassamerkintä kolme kertaa, vaikka viimeisen massauksen kestoajasta menee yksi vuosi hukkaan. Laskelmissa käytetyt merkintätapojen suorituskerrat ovat taulukossa 11. Nykyarvolaskelmien tulokset on esitetty liitteessä 9.

Taulukko 11. Tiementäyttöyhdistelmät liikennemäärien mukaan (päälysteen kestoikä 8/6 vuotta)

KVL	Päälysteen kestoikä vuosina								Uusimiskerrat yhteensä
	1	2	3	4	5	6	7	8	
2 000	M	M	M	M	M	M	M	M	8 x M
	K							M	1 x K + 1 x M
	O				O				2 x O
	2-K			2-K			M	M	2 x 2-K + 2 x M
5 000	2 x M	2 x M	2 x M	2 x M	2 x M	2 x M	2 x M	2 x M	16 x M
	K				K				2 x K
	O			O			O		3 x O
	2-K		2-K		2-K		2-K		4 x 2-K
10 000	3 x M	3 x M	3 x M	3 x M	3 x M	3 x M	3 x M	3 x M	24 x M
	K			K			O		3 x K + 1 x O
	O		O		O		O		4 x O
	2-K	2-K	2-K	2-K	2-K	2-K	2-K	2-K	8 x 2-K
15 000	K		K		K				3 x K
	O	O	O	O	O	O			6 x O
	2 x 2-K	2 x 2-K	2 x 2-K	2 x 2-K	2 x 2-K	2 x 2-K			12 x 2-K
20 000	K	K	K	K	K	K			6 x K
	2 x O	2 x O	2 x O	2 x O	2 x O	2 x O			12 x O

M = Maali  
K = 3 mm:n kuumamassa  
O = Ohut massa  
2-K = 2-komponenttimassa

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Annuiteettilaskelmien katsottiin soveltuvan huonosti kyseiseen kustannusvertailuun, joten niitä ei huomioitu tulosten tarkastelussa. Nykyarvokäyrät kuvasivat samalla tavalla eri merkintätapojen taloudellisuuseroja, joten tässä raportissa on esitetty vain taloudellisuusvertailu 5 %:n korkokannalla, liite 10.

Liitteestä ilmenee, että liikennemäärillä 2 000 - 5 000 eivät kustannuserot eri merkintätapojen välillä muodostu niin suuriksi, että jokin voitaisiin erottaa muita edullisemmaksi. Tällöin ei ole kovin suurta merkitystä, mikä merkintätapa valitaan. Valintaa tehtäessä tulisi kuitenkin huomioida tapauskohtaisesti merkintätapojen uusimiskerrat ja niiden aiheuttama mahdollinen haitta liikenteelle.

Liikennemäärän ollessa 5 000 - 10 000 välillä 3 mm:n kuumamassa ja ohutmassa erottuvat selvästi muita edullisemmaksi, näistä ohutmassa

hiukan edullisempänä. Liikennemäärän lähestyessä 10 000, korostuu kuumamassojen taloudellisuus. Ohutmassa on edelleen taloudellisin vaihtoehto. Se joudutaan tekemään neljä kertaa kahdeksan vuoden tarkastelujakson aikana. 3 mm:n kuumamassa joudutaan tekemään kahdesti ja sen jälkeen ohutmassa, joka kestää loput kaksi vuotta. Maalin ja kaksikomponentin kustannukset ovat huomattavasti kalliimmat. Tämä johtuu siitä, että näiden kestoikä ko. liikennemäärällä on lyhyt. Esimerkiksi maalaustyö jouduttaisiin tekemään kolme kertaa vuodessa, mikä on käytännössä jo vaikea toteuttaa.

**Kun liikennemäärä on 15 000**, on 3 mm:n kuumamassa edullisin vaihtoehto. Kuitenkin 3 mm:n kuumamassan ja ohutmassan välillä on selvä hinnan ero vasta liikennemäärällä 20 000. **Suosittelavin vaihtoehto liikennemäärällä 20 000** on kuumamassa 3 mm:n pintamerkintänä, sillä se on ainoa merkintä, joka kestää tällä liikenteellä yhden vuoden.

Liikennemäärillä 5 000 ja 10 000 tarkasteltiin lisäksi tilannetta, jossa päällysteen arvioitua kestoikää lyhennettiin kuuteen ja pidennettiin kymmeneen vuoteen. Herkkyystarkastelun tulokset on esitetty liitteissä 11 ja 12.

Herkkyystarkastelu osoitti, että kustannuserot pysyvät samana toisiinsa nähden. Yhteenveto herkkyystarkastelun tuloksista 5 %:n korkokannalla on taulukossa 12.

Taulukko 12. Herkkyystarkastelu eri tarkasteluajanjaksoilla. Nykyarvo 5 %:n korkokannalla.

KVL	5 000	10 000
Tarkasteluajanjaksot	Merkintäkustannukset mk/m <sup>2</sup>	Merkintäkustannukset mk/m <sup>2</sup>
<u>6 vuotta</u>		
Maalaustyö	90,60	135,90
Ohutmassa	59,64	87,35
Pintamerkintä	78,68	100,65
2-komponentti	81,89	159,88
<u>8 vuotta</u>		
Maalaustyö	115,36	173,05
Ohutmassa	83,52	111,23
Pintamerkintä	98,43	124,52
2-komponentti	104,28	203,58
<u>10 vuotta</u>		
Maalaustyö	137,82	207,64
Ohutmassa	94,48	132,89
Pintamerkintä	118,73	161,57
2-komponentti	124,58	243,23



## 4.3 Esimerkki 2

### Lähtötiedot

Merkintämateriaalien hintoina käytettiin Tiementäpäivillä 1992 esitettyjä vuonna 1991 toteutuneita koko maan keskiarvohintoja (liite 13). Hinnat olivat seuraavat:

Kestomerkintä 3 mm	47 mk/m <sup>2</sup>
Kestomerkintä 1-2 mm	25 mk/m <sup>2</sup>
Kestomerkintä 2-komp., 0,9 mm	30 mk/m <sup>2</sup>
Kestomerkintä 2-komp., 1,7 mm	50 mk/m <sup>2</sup> *)
Kestomerkintä 2-komp., 2,0 mm	59 mk/m <sup>2</sup> *)
Maali	6,7 mk/m <sup>2</sup>
*) Tasotuote Oy:n ilmoittama yksikköhinta vuonna 1991	

### 4.4 Merkintäkustannusten vertailu

Kustannusvertailun pohjana on käytetty edellä esitettyjä merkintähintoja sekä merkintöjen kulutuskestävyyttä. Kestävyysarvoina on käytetty kuvissa 2, 5 ja 6 esitettyjä tuloksia.

Vertailuperusteena on käytetty merkinnän kestävyyttä jäljellä olevan pinta-alan perusteella. Tarkastelu tapahtuu kuumamassojen ja kaksikomponenttimateriaalien kesken vertaamalla levitystyön hintoja saman kulutuskestävyyden saavuttamiseksi.

Koska Lohjanharjun ja Kemin kokeiden kesken on sekä liikennemäärä- että olosuhde-eroja tarkastellaan niitä erillisinä.

Kulutuskestävyyden perusteella vertailupareiksi muodostuvat seuraavat merkinnät:

<u>Materiaali</u>		<u>Paksuus</u>	<u>Kesto-</u> <u>%</u>	<u>Kustannus,</u> <u>mk/m<sup>2</sup></u>	<u>Suhde</u>
<i>Lohjanharju</i>					
Kuumamassa	ohut	1,5-2,0	38	25,00	1,00
2-komponentti		0,9	38	30,00	1,20
Kuumamassa	pinta	3,0	52	47,00	1,00
2-komponentti		1,7	52	50,00	1,06
<i>Kemi</i>					
Kuumamassa	ohut	2,1	27	25,00	1,00
2-komponentti		0,9	27	30,00	1,20
Kuumamassa	pinta	3,0	53	47,00	1,00
2-komponentti		2,0	53	59,00	1,25

Kustannusvertailu osoittaa, että kuumamassana toteutettujen merkintöjen hinnat ovat hieman edullisemmat pyrittäessä samaan kestävyysasteeseen.

Urakkatarjouksia vertailtaessa voidaan kuitenkin käyttää hyväksi myös kuvan 6 aineistoa kulutuskestävyyden osalta etsimällä sopivat vertailuparit.

Maalauksen osalta kustannusvertailu on hankalaa, koska ei ole käytettävissä tarkkaa tietoa sen kestävydestä. Maalaukset olivat kuluneet jo ennen ensimmäisiä kulumismittauksia. Maalauksen hinta tulee vertailukelpoiseksi sellaisessa hypoteettisessa tilanteessa, jossa maalimerkinnot voitaisiin tehdä aina tarpeen vaatiessa myös talvella. Maalaus kustannus 6,70 mk/m<sup>2</sup> sallisi siten noin neljä maalauskertaa ollakseen kilpailukykyinen muiden merkintöjen kanssa. Kulutuskestävyydeltään se jäänee vieläkin alhaisemmaksi.

## 5 YHTEENVETO

Tämä loppuraportti käsittelee vuonna 1990 tehtyjen tiemerkintäkokeiden tuloksia vuoden 1990 lopulta vuoden 1992 alkuun. Saadut tulokset noudattavat pääasiassa jo edellisessä väliraportissa esitettyjä havaintoja, sillä koeviivojen kulumisen vilkkaimmin liikennöidyillä koealueilla tapahtui niin nopeasti, että osa merkinnöistä oli loppuunkuluneita jo väliraporttia kirjoitettaessa.

Kokeiden tavoitteena oli tutkia uusien merkintätapojen käyttökelpoisuutta sekä kulumisen ja merkintöjen taloudellisuuden että liikenneturvallisuuden eli merkintöjen näkymisen kannalta. Näiden tietojen perusteella on mahdollista antaa suosituksia eri merkintöjen sopivimmista käyttöalueista.

Kulutuskestävyysvertailussa, joka tehtiin poikkiraitakokeina, osoittautui 2-komponenttimassa kulutusta kestävämmäksi kuin kuumamassa. Maali-merkinnän kestävyys oli selvästi huonoin. Pintamerkinnän kulutuskestävyyteen vaikuttaa luonnollisesti sen paksuus - mitä paksumpi merkintä sitä parempi kulutuskestävyys - vaikutus on lineaarinen.

Kestävyys/kustannustarkastelussa liikennemäärällä 2 000 - 5 000 ajoneuvoa/vuorokausi kustannuserot eri merkintöjen kesken olivat verrattain pienet. Tätä suuremmilla liikennemäärillä edullisimmaksi vaihtoehdoiksi osoittautuivat kuumamassa 3 mm:n pintamerkintänä ja ohutmerkintänä. Maalin kestoikä liikennemäärällä 10 000 oli jo niin lyhyt, että se jouduttaisiin uusimaan kolme kertaa vuodessa, mikä on käytännössä jo vaikea toteuttaa.

Laskelmien lopputuloksiin vaikuttavat luonnollisesti merkintöjen kestoajan ja yksikköhinnan lähtöarvot. Merkintöjen paluuheijastavuudella ja sen toiminnallisella kestoajalla on ratkaiseva merkitys liikenneturvallisuuteen. Paluuheijastavuuden vaikutusta kustannuksiin ei ole pystytty huomioimaan laskelmissa, joskin tässä tutkimuksessa kuuma- ja kaksikomponenttimassojen paluuheijastavuusominaisuudet olivat samanarvoisia. Lisäksi merkintöjen valinnassa tulisi huomioida mm. uusimiskertojen haittavaikutus liikenteelle.

Merkintöjen paluuheijastavuudesta videotaltiointi ja subjektiivinen arviointi osoittavat, että määrisä olosuhteissa ei eri merkintätapojen näkävyydessä ole suuria eroja. Kuivissa olosuhteissa kuumamassat ja 2-komponenttimassat ovat parhaimpia. Otettaessa huomioon kaikki kokeillut merkinnät kuumamassojen keskimääräinen paluuheijastavuus oli hieman parempi kuin 2-komponenttimassojen. Shakkiruutumerkinnän huono näkyvyys johtuu siitä, että helmiä ei ole tarpeeksi ruutujen etureunassa, jossa niitä paluuheijastavuuden kannalta nimenomaan tarvitaan.

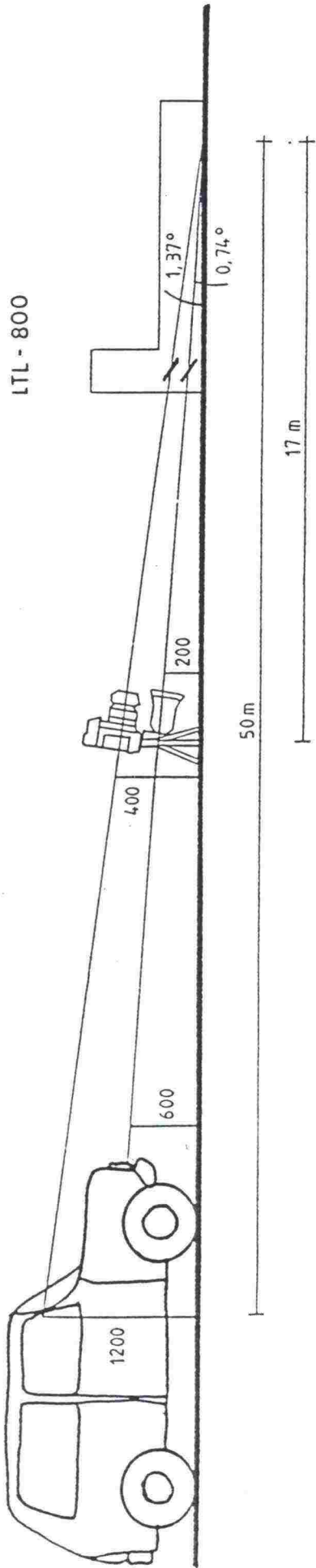
Koejärjestelyissä selvisi, että käsin tehdyt poikkiraidat eivät sovellu paluuheijastavuuden tutkimiseen, koska helmien jakautuminen ei ole tasalaatuista. Poikkiraitakoe on sen sijaan erinomainen haluttaessa nopeasti testata merkintöjen kulutuskestävyyttä.

Liikenteen, iän, lian, kunnossapitotoimien yms. muuttujien vaikutusta paluuheijastavuuteen voidaan parhaiten tutkia reunaviivoista, jotka on tehty normaalina työnä koneella.

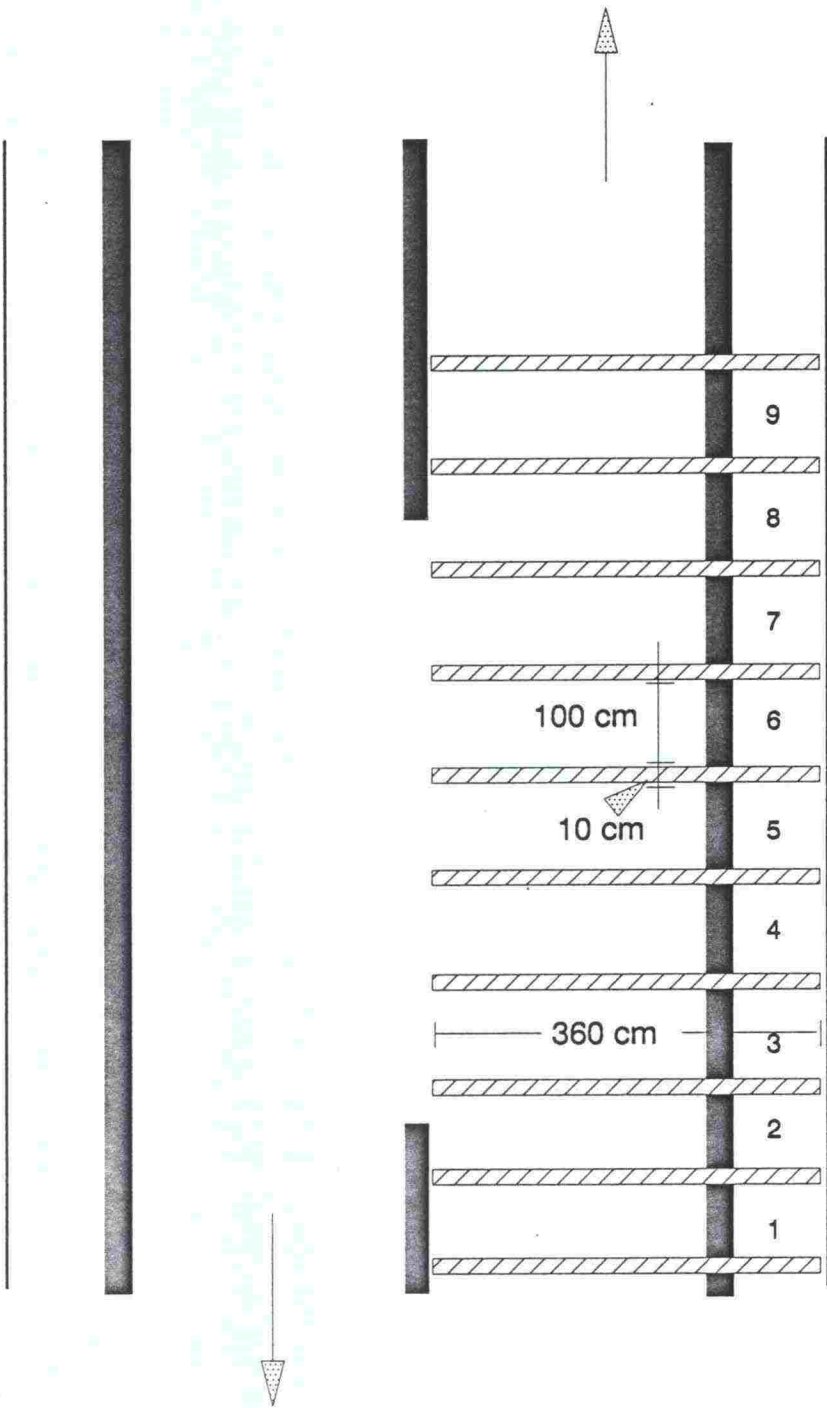


## 6 LIITTEET

1. Paluuheijastavuusmittauksen toteutusperiaate
2. Poikkiraitojen periaatteellinen sijoitustapa
3. Kenttätutkimusten seurantalomake
4. Seurantalomakkeen täyttöohjeet
5. Massakokeiden aikataulu
6. Kemin koalueen koejärjestelyt
7. Kymen tiepiirin paluuheijastavuustutkimusten mittaustulokset
8. Lohjanharjun koekohteen tutkimustuloksia
9. Nykyarvolaskelmien tulokset
10. Merkintäyhdistelmien taloudellisuusvertailu
11. Herkkyystarkastelun tuloksia
12. Herkkyystarkastelun tuloksia
13. Vuonna 1991 tehtyjen tiementämassojen keskiarvohintoja



VERTAILEVA KULUTUSKOE





TIELAITOS

MASSAMERKINTÖJEN KENTTÄTUTKIMUKSEN SEURANTALOMAKE

Piiri: \_\_\_\_\_

Henkilö \_\_\_\_\_  
puh.nro \_\_\_\_\_

1 KOEPAIKKATIEDOT

- 1.1 Koepaikka: valaisematon ☐ valaistu ☐
- 1.2 Sijainti tieosalla: \_\_\_\_\_
- 1.3 Koetien pituus \_\_\_\_\_ levys \_\_\_\_\_
- 1.4 Liikennemäärä KVL (ajoneuvo/vrk) \_\_\_\_\_
- 1.5 Päällyste \_\_\_\_\_
- 1.6 Talvikunnossapitoluokka \_\_\_\_\_

2 TARKASTUSTULOKSET

2.1 Seurattavat asiat	2.2 Viivan tun- niste	2.3 Tarkastusajankohta			
		Mittaukset ja arviot			

3. MUUT HUOMIOT JA LISÄSELVITYKSET kääntöpuolelle

## TIEMERKINTÖJEN KENTTÄTUTKIMUS

## SEURATTAVAT ASIAT JA SEURANTALOMAKKEEN TÄYTTÖOHJE

## 1 KOEPAIKKATIEDOT

- 1.2 Merkitään koetieosuus mahdollisimman tarkasti maastossa paikallistettavaan muotoon.
- 1.4 Ilmoitetaan tieosuuden keskimääräinen vuorokautinen liikennemäärä ja laskentavuosi.
- 1.5 Merkitään päällysteen laji ja päällystevuosi.

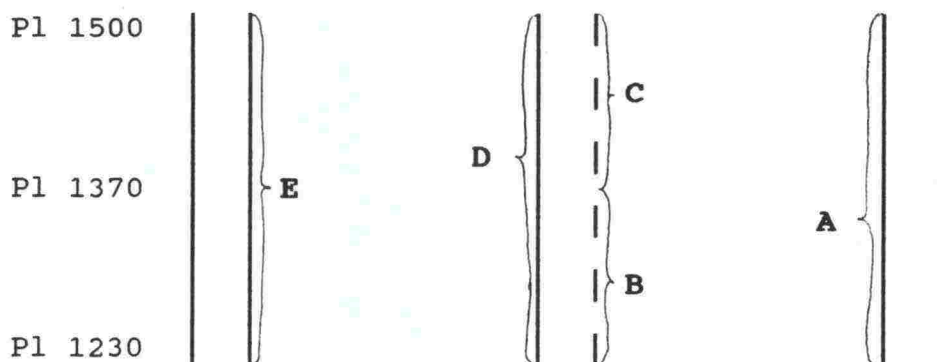
## 2 TARKASTUSTULOKSET

## 2.1 Seurattavat asiat

1. Viivan märkäkalvovahvuus
2. Viivan kestävyys
3. Merkinnän näkyvyys ja ulkonäkö

## 2.2 Viivan tunniste

Jokaisesta koekohteesta piirretään kartta tai kuva, josta käy selville merkintäkohtaisesti viivan tyyppi ja pituus esim.



A = 2-komp./	400 $\mu\text{m}$	270 m
B = levitys/	1300 $\mu\text{m}$	140 m
C = 2-komp./	1500 $\mu\text{m}$	130 m
D = ruisku /	1000 $\mu\text{m}$	270 m
E = 2.komp./	600 $\mu\text{m}$	270 m

Viivan tunniste merkitään kohtaan 2.2

2.3 Tarkastusajankohta

Tässä ilmoitetaan tarkastuspäivämäärä.

Mittaustulokset ja arviot tarkastuskohteen seurattavista asioista.

1. Märkäkalvovahvuus ilmoitetaan mikrometreinä.

2. Viivan kestävyys prosentteina.

3. Kohdassa merkinnän näkyvyys ja ulkonäkö arvioidaan merkinnän:

- \* havaittavuutta päivällä kirkkauden perusteella
- \* paluuheijastavuutta nähtynä auton valoilla
- \* pinnan laatua

Merkinnän näkyvyys ja ulkonäkö arvioidaan uusista merkinnöistä asteikolla erittäin hyvä, hyvä, tyydyttävä.

Hyvä (hy)	merkinnän ominaisuudet vaatimusten mukaiset
Erittäin hyvä (ehy)	merkinnän kirkkausarvo hyvää parempi
Tyydyttävä (t)	merkinnän em. ominaisuuksissa huomauttamista.

Jatkotarkastuksissa käytetään asteikkoa hyvä, tyydyttävä, heikko.

Hyvä (hy)	merkintä näkyy hyvin
Tyydyttävä (t)	merkintä toimii vielä korjaamatta
Heikko (he)	merkintä näkyy niin huonosti, että se tulisi korjata

3

**MUUT HAVAINNOT**

Kohtaan merkitään kaikki lisäselvitykset esim.

tarkasteluaajankohta 15.9.1990

- viivan B pintaan tarttunut likaa
- merkintöjen näkyvyydestä tarkkailu tehty myös auton valoilla
- viiva A irronnut plv 1230-1370 paikoittelun alustaltaan.



## MASSAKOKEIDEN AJOITUS

TYÖVAIHE	1990			1991			1992		
	4	8	12	4	8	12	4	8	12
1. KOEOHJELMAN SUUNNITTELU									
2. KOKEIDEN TOTEUTUS									
3. SEURANTA									
4. RAPORTOINTI JA TULOSTEN TARKASTELU									
5. LOPPURAPORTTI									

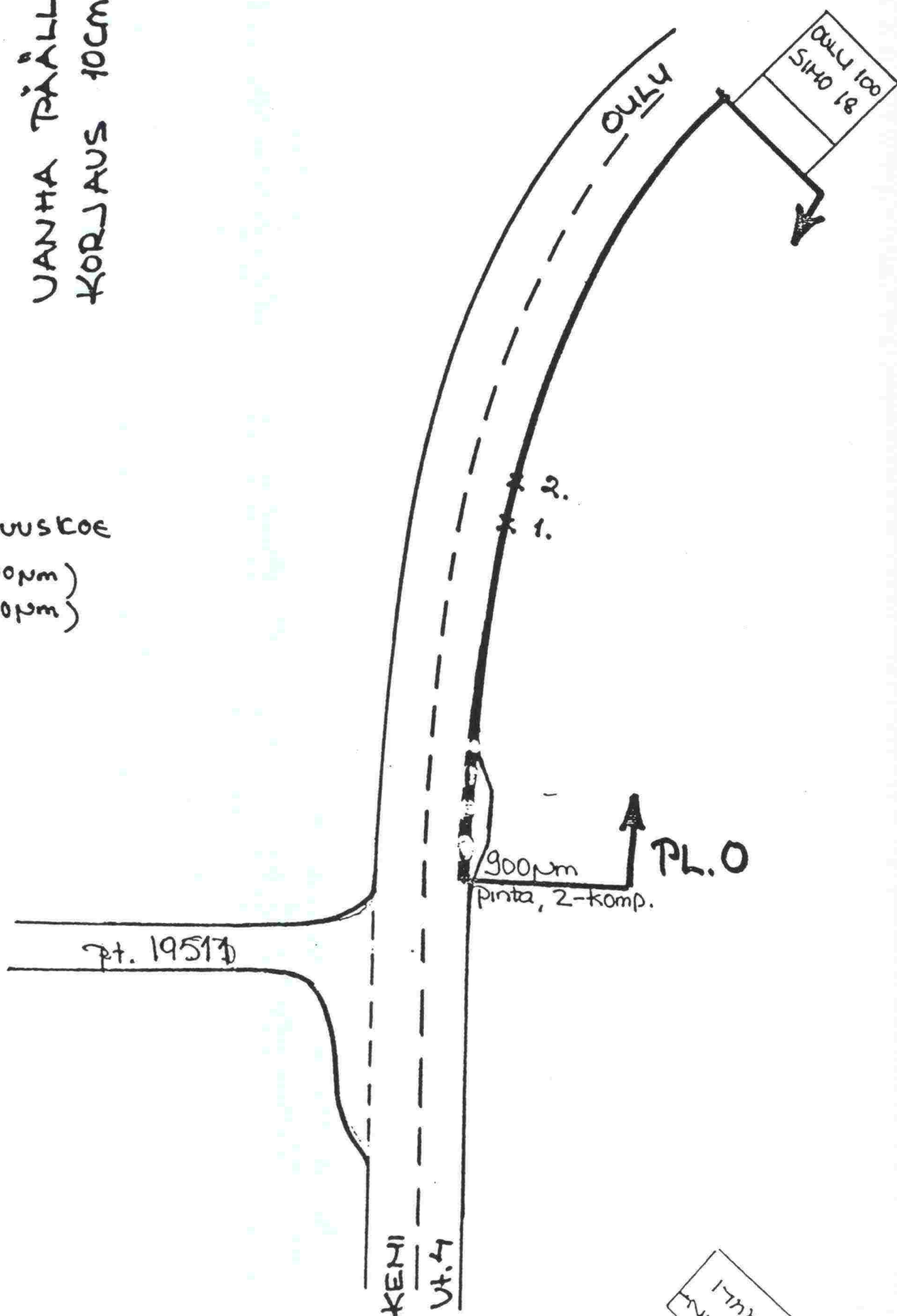
KOE 4

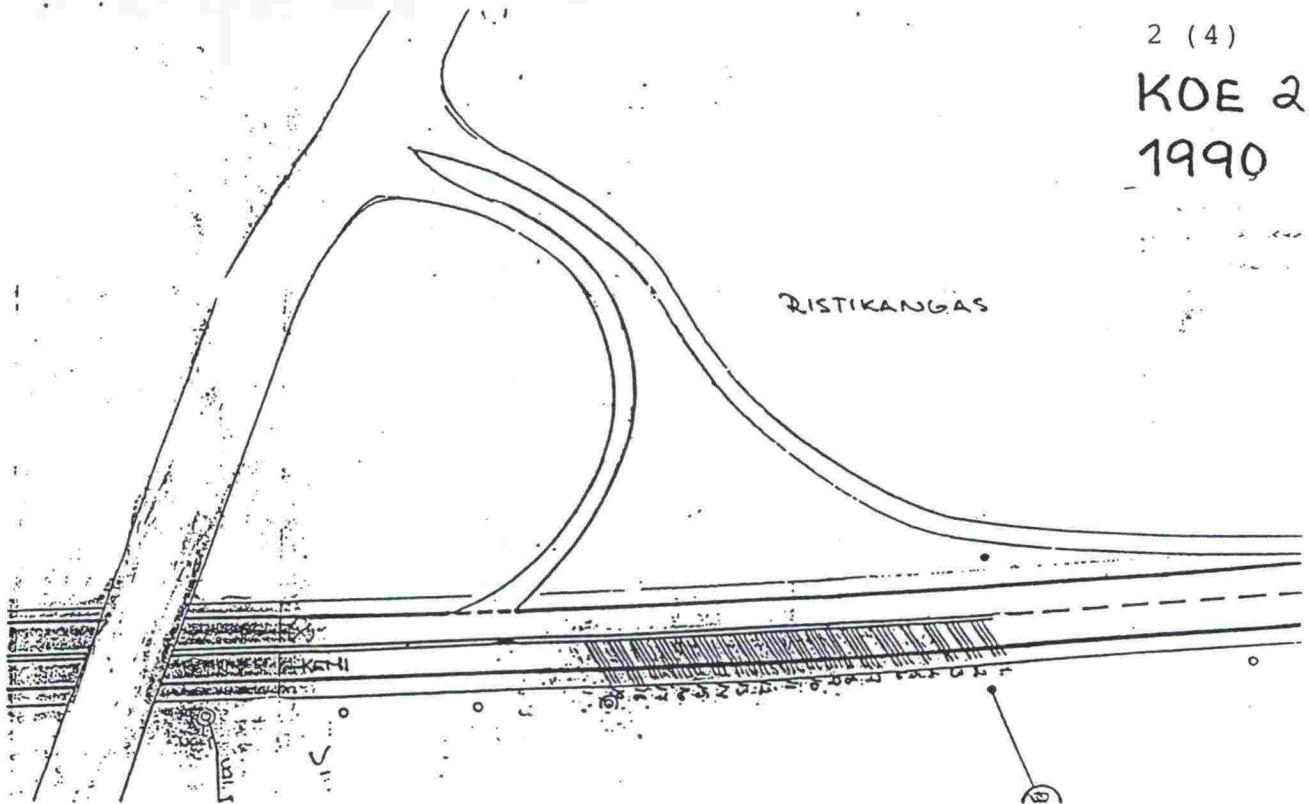
1990

VANHA PÄÄLL  
KORJAUS 10cm lev.

KIJA-STAVUUSKOE

90 (900µm)  
90 (900µm)



KOE 2  
1990

- |     |                       |  |
|-----|-----------------------|--|
| 1.  | Hot Mark 11 VH        | 3mm, valk.   |
| 2.  | Hot Mark 11 VH        | 1.5-2mm, valk.   |
| 3.  | Hot Line EL 20        | 1.5-2mm, valk.   |
| 4.  | Hassa 1000            | 900µm, telt  |
| 5.  | Hassa 1000            | 600µm, telt lasin. 30%   |
| 6.  | X Pitäjä, ei mitattua |  |
| 7.  | Hassa 3000            | käsittönpaino 1500µm, valk.  |
| 8.  | Hassa 1000            | lasinelmio 30%   |
| 9.  | Hassa 1000            | 1-2mm jyräntä, lasin. 30%, valk.   |
| 10. | Hassa 1000            | 1500µm, valk.  |
| 11. | Hassa 1000            | 900µm, valk.   |
| 12. | Hassa 1000            | 500µm, valk.   |
| 13. | Maali                 | 0.35 l/m <sup>2</sup> , valk.  |
| 14. | Maali                 | 0.35 l/m <sup>2</sup> , telt   |
| 15. | Maali                 | 0.35 l/m <sup>2</sup> , valk.  |
| 16. | Maali                 | 0.35 l/m <sup>2</sup> , telt, tiheä xaidati päällemaattam Hassa 1000 2600µm lasinelmio 30% |
| 17. | Hot line EL 20        | 3mm, telt.   |
| 18. | Hot line EL 20        | 1.5-2mm telt.  |
| 19. | Hot Mark 11 VH        | jyräntä 1.5-2mm, valk.   |
| 20. | Hot Mark 11 VH        | jyräntä 3mm, valk.   |

# HEIJASTAVUUS

- 240 (900µm)
- 160 (900µm kv.)
- 370 (mu 2)
- 175 (mro)
- 195 (mro)
- 380 (mu 2)
- 190 (900µm)
- 185 (900µm)
- 370 (mu 2)
- 340 (mu 2)
- 165 (900µm kv.)
- 75 (900µm sv.)
- 230 (500µm)
- 345 (mro)
- 300-400 (mu to)

LIITE 6

3 (4)

KARJALAHTI

KIVIKKO

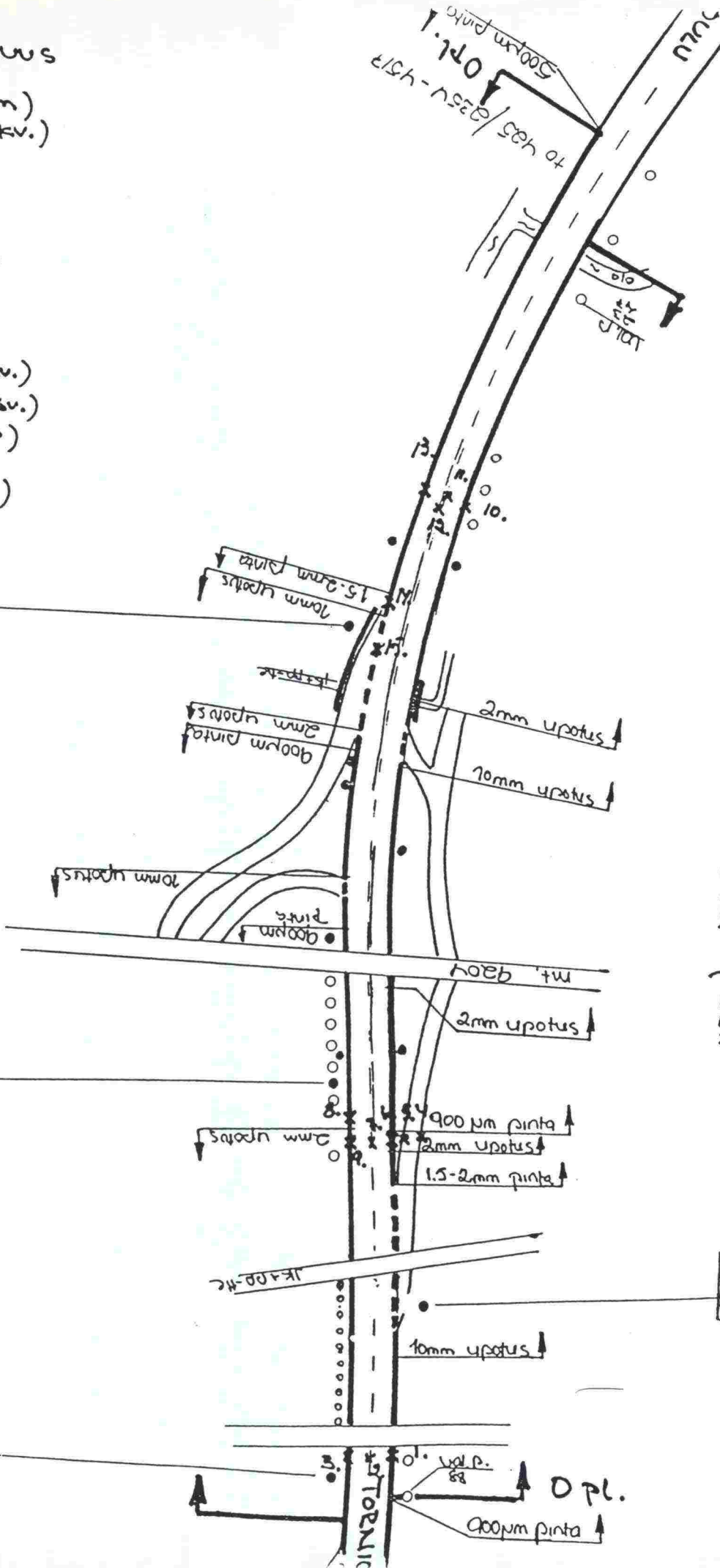
KOE 3  
1990  
reunauus 20 ja 40cm  
uus pölli

KESCUSTA  
KARJALAH  
TERVHAEU

KESCUSTA  
KARJALAH  
TERVHAEU

KESCUSTA  
KARJALAH  
TERVHAEU

KESCUSTA  
KARJALAH  
TERVHAEU





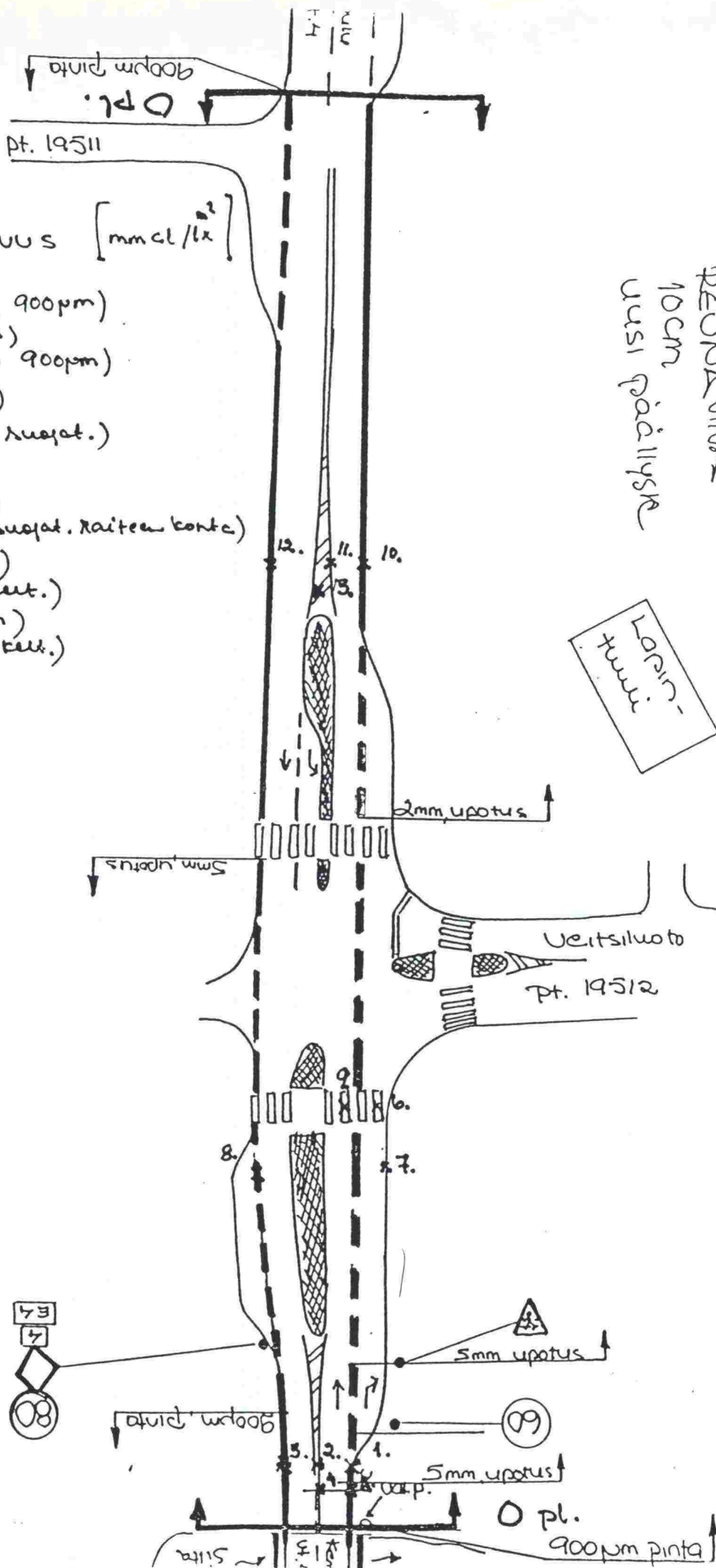
KOE 4  
1990

REUNAILIN  
10cm  
uusi päällyste

Lopin-  
tunnus

HEINASTAVUUS  $\left[ \frac{\text{mmcl}}{\text{lx}} \right]$

- 245 (mu5)
- 150 (valk. kv. 900pm)
- 200 (900pm)
- 55 (kelt. sv 900pm)
- 180 (900pm)
- 100 (mu 10 ruokat.)
- 200 (mpo)
- 130 (mu5)
- 95 (mu 10 ruokat. raiteen konte)
- 190 (mu 2)
- 80 (mpo kelt.)
- 100 (900pm)
- 85 (maali kelt.)



TIELAITOS  
K y m e n tiepiiri

1 (3)

22.8.1991

## PALUUHEIJASTAVAIKUUSTUTKIMUS

VTT/Kymen tiepiiri

TU/MY

Tien nro	Etäisyys ja suunta	Viiva	LTL 800	Massa/ urakoitsija	Huom!
<u>Vt 7 Suurniityn eritasoliittymä</u>					
		Rv	70	Cleanosol Valtatie	tehty kesällä 1990 3 mm massa
<u>Kt 61 Summa - Taavetti</u>					
10000	2	Rv	240	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
21750	1	Kv	150	maaliviiva TL Kymi	tehty kesällä 1991
21750	2	Rv	220	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
31300	2	Rv	190	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
39950	1	Rv	340	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
40 000	1	Rv	340	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
50 000	2	Vsv	180	2-komp. Tasotuote	tehty kesällä 1990
<u>Vt 6 Taavetti rakennustyömaa</u>					
		Rv	190-200	AMP 101 Mäki & Palmroos	Esso/TB-liittymä tehty kesällä 1991
<u>Vt 12 Kausala - Kouvola</u>					
660	1	Rv	150	spray Tielinja	tehty kesällä 1990
660	2	Rv	110	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990
660	1	Rv	340	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1991
2300	1	Rv	160	spray Tielinja	tehty kesällä 1990

TIELAITOS  
K y m e n tiepiiri

2 ( 3 )

Tien nro	Etäisyys ja suunta	Viiva	LTL 800	Massa/urakoitsija	Huom!
2300 2	Rv	140	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990	
2300 2	Rv	300	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1991	
4500 1	Rv	95	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (3 m piennar)	
4500 1	Kv	30	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990	
4500 2	Rv	170	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1991	
10400 1	Rv	95	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (3 m piennar)	
10400 1	KV	x) 35	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990	
10400 2	Rv	x) 50	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990 (3 m piennar)	
x) Massan helmi % = 35					
<u>Vt 13 Mälkiä - valtakunnan raja (Nuijamaa)</u>					
					0-piste Mälkiä, liittymä vt 6
4800 1	Rv	50-170	2-komp. 600 Tasotuote	tehty kesällä 1991	
4800 2	Rv	40-150	2-komp. Tasotuote	"	
9850 1	RV	50-120	2-komp. Tasotuote	"	
9850 2	Rv	50-180	2-komp. Tasotuote	"	
15250 1	Rv	60-200	2-komp. Tasotuote	"	
15250 2	Rv	50-90	2-komp. Tasotuote	"	
20000 1	Rv	40-150	2-komp. Tasotuote	"	
<u>Mt 367 Kouvola - Kiehuva</u>					
					0-piste kp-raja (työsauma)
760 1	Rv	230	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (1 m piennar)	
760 1	Kv	50	AMP 101 Mäki & Palmroos	tehty kesällä 1990	
760 2	Rv	135	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (1 m piennar)	

TIELAITOS  
K y m e n tiepiiri

3 (3)

Tien nro	Etäisyys ja suunta	Viiva	LTL 800	Massa/urakoitsija	Huom!
3600 1	Rv	190	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (1 m piennar)	
3600 2	Rv	210	spray Tielinja	tehty kesällä 1990 (1 m piennar)	
3600 1	Kv	45	AMP 101	tehty kesällä 1990	
3600 1	Sv	30	Mäki & Palmroos		
<u>Vt 15 Kiehuva - Karhunkangas</u>				O-piste Kiehuva	
1400 1	Kv	100-140	Hotline ER-20 Tielinja	tehty kesällä 1989	
1400 1	Sv	65	Hotline ER-20 Tielinja	tehty kesällä 1990	
				O-piste Keltakangas	
2100 1	Kv	85	Hotline ER-20 Tielinja	tehty kesällä 1989	
2100 1	Sv	70		tehty kesällä 1990	
				O-piste Inkeroinen	
2500 1	Kv	120	Hotline ER-20	tehty kesällä 1989	
2500 1	Sv	65	Tielinja		

Matti Yrjösuuri  
pk\paluu



## KESTOMERKINTÄMASSOJEN POIKKIRAITAKOE LOHTANVARJILLA Mt 1186

Tekijä/Massa Tav.paks/väri	Nro Sir.	Laboratoriomittaukset			Paluuheijastuvuus		
		Kuluma SRK cm <sup>3</sup> (2k)	Leikkaus lujuus MPa	Paksuus ELCO µm	Ericson LTL-800 mod/m <sup>2</sup> .lx		
Mäki & Palmroos	1 S	1,2 (2,3) 2,6 (1,2 Vt4)	2,6	2520	160	160	
AMP 101 1-2 mm	2 S			2520	135	50	
valk kuuppa	3 M			2230	61	35	
Mäki & Palmroos	4 S	1,3 (2,6) 2,8	2,8	2270	123	44	
AMP 101 1-2 mm	5 S			2130	120	59	
kelt kuuppa	6 M			1760	28	16	
Tielinja Oy	7 S	1,6 (2,2) 1,4 (1,5 Vt4)	1,4	1940	105	38	
HOT MARK ohut 1-2	8 S			2470	585	150	
valk kuuppa mm	9 M			2360	52	35	
Tielinja	10 S	2,0 (3,1) 3,4	3,4	4070	135	110	
HOT MARK 11 VH 3	11 S			4200+	309	55	+mitt.alueen ylityksiä
valk kuuppa mm	12 M			3860+	34	22	
Valtatie Oy	13 S	3,0 (4,2) 2,5 (4,9 Vt4)	2,5	1450	162	110	
KMSK 2/H 1-2 mm	14 S			1190	122	50	
valk kuuppa	15 M			1210	94	58	
3 M Oy	16 S)			1750	585	220	
STAMARK A 350	17 S)			1750	585	220	
valk teippi	18 S)			1750	585	220	
3 M Oy	19 S)			1680	425	205	
STAMARK 6390	20 S)			1680	425	205	
valk teippi	21 S)			1680	425	205	
3 M Oy	22 S)			1770	1460	740	
STAMARK A 380	23 S)			1770	1460	740	
valk teippi 20cm	24 S)			1770	1460	740	
3 M Oy	25 S)			1740	375	800	heijasti- / mien väli
STAMARK L 520	26 S)			/	/	/	
valk teippi 20cm	27 S)			3580	1050	1200	
Tielaitos	28 S			377	205	165	
maali Tikk.vers 1	29 S			416	248	169	
valk kone	30 M			363	74	48	
Tielaitos	31 S			366	112	114	
maali Tikk.vers 1	32 S			363	101	102	
kelt kone	33 M			315	37	27	
Tielaitos	34 S	2,9	2,9	1830	175	145	vajaa peitto
AMP 26 (M&P) 3 mm	35 S			3440	233	200	
valk kone	36 M			3040	36	40	
Tielaitos	37 S	2,6		2630	122	95	
AMP 26 (M&P) 3 mm	38 S			1906	80	80	
kelt kone	39 M			2640	18	30	

## KESTOMERKINTÄMASSOJEN POIKKIRAITAKOE LOHTANVARJILLA Mt 1186

Tekijä/Massa Tav.paks/väri	Nro Sir.	Laboratoriomittaukset			Paluuheijastuvuus		
		Kuluma SRK cm <sup>3</sup>	Paksuus ELCO µm		Ericson LTL-800 mod/m <sup>2</sup> .lx		
Tasotuote Oy	40 S	1900	1400	245	140		
2-k massa 1000 +h	41 S						
jyrs 1,2 mm ruisk	42 (M)						
Tasotuote Oy	43 S	2510	188	78	78		
2-k massa 1000 +h	44 S						
jyrs 2 mm ruisku	45 (M)						
Tasotuote Oy	46 S	3120	158	60	60		
2-k massa 1000 +h	47 S						
jyrs 3 mm kelkka	48 (M)						
Tasotuote Oy	49 S	3250	200	80	80		
2-k massa 3000 +h	50 S						
jyrs 3 mm kelkka	51 (M)						
Tasotuote Oy	52 S	1680	196	84	84		
2-k massa 1000 +h	53 S						
1,2 mm ruisku	54 M						
Tasotuote Oy	55 S	2360	168	75	75		
2-k massa 1000 +h	56 S						
2 mm ruisku	57 (M)						
Tasotuote Oy	58 S	3040	150	95	95		
2-k massa 1000 +h	59 S						
3 mm kelkka	60 M						
Tasotuote Oy	61 S	1950	376	180	180		
2-k massa 3000 +h	62 S						
3 mm kelkka	63 M						
Tasotuote Oy	64 S	1070	265	73	73		
2-k massa 1000	65 S						
0,5 mm ruisku	66 M						
Tasotuote Oy	67 S	1030	185	56	56		
2-k massa 1000	68 S						
0,8 mm ruisku	69 M						
Tasotuote Oy	70 S	1670	199	125	125		
2-k massa 1000	71 S						
1,2 mm ruisku	72 M						
Tasotuote Oy	73 S	981	320	165	165		
2-k massa 1000 +h	74 S						
0,5 mm ruisku	75 M						
Tasotuote Oy	76 S	1440	155	60	60		
2-k massa 1000 +h	77 S						
0,8 mm ruisku	78 M						

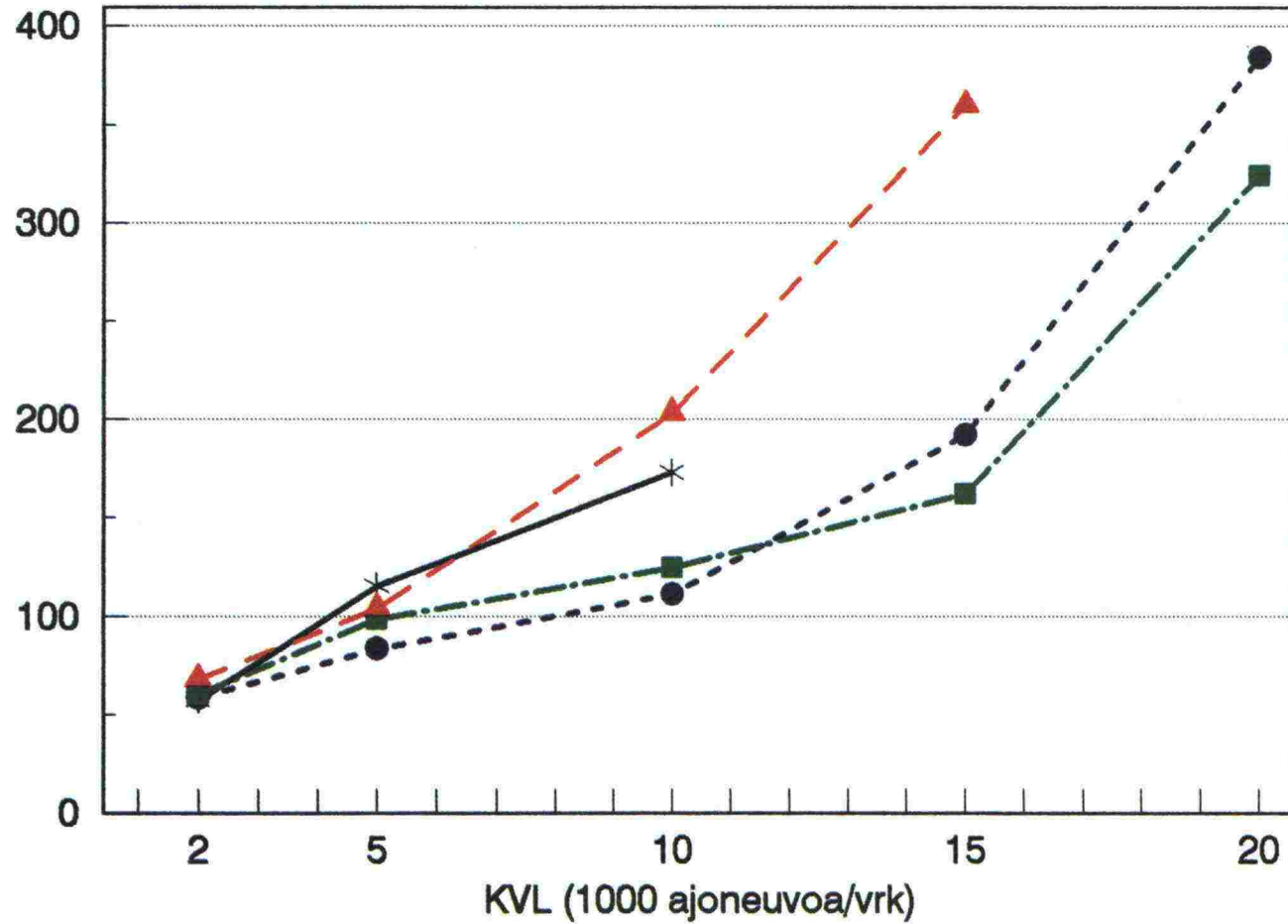
## NYKYARVOLASKELMIEN TULOKSET

	A	B	C	D	E	F
1	<b>MAALAUSTYÖ 0,35 mm</b>					
2	KVL	2 000	5 000	10 000		
3	Maalauskerroja vuodessa	1	2	3		
4	Hinta mk/m2	8,50	17,00	25,50		
5	Tarkkailuaika/vuotta	8	8	8		
6	<u>Nykyarvo</u> 0 %	68,00	136,00	204,00		
7	5 %	57,68	115,36	173,05		
8	10 %	50,18	100,37	150,55		
9						
10	<b>KUUMAMASSA (ohutmassa)</b>					
11	KVL	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000
12	Massauksen kesto/vuotta	4	3	2	1	0,5
13	Hinta mk/m2	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00
14	Tarkkailuaika/vuotta	8	8	8	6	6
15	<u>Nykyarvo</u> 0 %	64,00	96,00	128,00	192,00	384,00
16	5 %	58,33	83,52	111,23	169,67	339,35
17	10 %	53,86	74,10	99,51	154,45	308,90
18						
19	<b>KUUMAMASSA (pintamerkintä 3 mm)</b>					
20	KVL	2 000	5 000	10 000	15 000	20 000
21	Massauksen kesto/vuotta	7	4	3	2	1
22	Hinta mk/m2	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
23	Tarkkailuaika/vuotta	8	8	8	6	6
24	<u>Nykyarvo</u> 0 %	62,50	108,00	140,00	162,00	324,00
25	5 %	60,04	98,43	124,52	147,40	287,78
26	10 %	58,36	90,88	112,63	137,45	260,64
27						
28	<b>2-KOMPONENTTI 0,9 mm</b>					
29	KVL	2 000	5 000	10 000	15 000	
30	Massauksen kesto/vuotta	3	2	1	0,5	
31	Hinta mk/m2	30,00	30,00	30,00	30,00	
32	Tarkkailuaika/vuotta	8	8	8	6	
33	<u>Nykyarvo</u> 0 %	77,00	120,00	240,00	360,00	
34	5 %	68,30	104,28	203,58	391,76	
35	10 %	61,70	93,29	177,12	289,60	

# MERKINTÄYHDISTELMIEN TALOUDELLISUUSVERTAILU

Nykyarvot (korko 5 %, tarkasteluaika 8/6 vuotta)

hinta mk/m<sup>2</sup>



- Maali
- Kuumamassa ohutmassa
- Kuumamassa pintamerkintä
- 2-komponentti



**HERKKYYSTARKASTELUN TULOKSET LIIKENNEMÄÄRILLÄ  
5 000 JA 10 000, TARKKAILUAIKA 6 VUOTTA**

	A	B	C
1	<b>MAALAUSTYÖ 0,35 mm</b>		
2	KVL	5 000	10 000
3	Maalauskerroja vuodessa	2	3
4	Hinta mk/m <sup>2</sup>	17,00	25,50
5	Tarkkailuaika/vuotta	6	6
6	<u>Nykyarvo</u> 0 %	102,00	153,00
7	5 %	90,60	135,90
8	10 %	82,05	123,08
9			
10	<b>KUUMAMASSA (ohutmassa)</b>		
11	KVL	5 000	10 000
12	Massauksen kesto/vuotta	3	2
13	Hinta mk/m <sup>2</sup>	32,00	32,00
14	Tarkkailuaika/vuotta	6	6
15	<u>Nykyarvo</u> 0 %	64,00	96,00
16	5 %	59,64	87,35
17	10 %	56,04	81,45
18			
19	<b>KUUMAMASSA (pintamerkintä 3 mm)</b>		
20	KVL	5 000	10 000
21	Massauksen kesto/vuotta	4	3
22	Hinta mk/m <sup>2</sup>	54,00	54,00
23	Tarkkailuaika/vuotta	6	6
24	<u>Nykyarvo</u> 0 %	84,00	108,00
25	5 %	78,68	100,65
26	10 %	74,49	94,57
27			
28	<b>2-KOMPONENTTI 0,9 mm</b>		
29	KVL	5 000	10 000
30	Massauksen kesto/vuotta	2	1
31	Hinta mk/m <sup>2</sup>	30,00	30,00
32	Tarkkailuaika/vuotta	6	6
33	<u>Nykyarvo</u> 0 %	90,00	180,00
34	5 %	81,89	159,88
35	10 %	76,36	144,80



**HERKKYYSTARKASTELUN TULOKSET LIIKENNEMÄÄRILLÄ  
5 000 JA 10 000, TARKKAILUAIKA 10 VUOTTA.**

	A	B	C
1	<b>MAALAUSTYÖ 0,35 mm</b>		
2	KVL	5 000	10 000
3	Maalauskerroja vuodessa	2	3
4	Hinta mk/m <sup>2</sup>	17,00	25,50
5	Tarkkailuaika/vuotta	10	10
6	<u>Nykyarvo</u> 0 %	170,00	255,00
7	5 %	137,82	206,74
8	10 %	115,51	173,26
9			
10	<b>KUUMAMASSA (ohutmassa)</b>		
11	KVL	5 000	10 000
12	Massauksen kesto/vuotta	3	2
13	Hinta mk/m <sup>2</sup>	32,00	32,00
14	Tarkkailuaika/vuotta	10	10
15	<u>Nykyarvo</u> 0 %	113,00	160,00
16	5 %	94,48	132,89
17	10 %	81,31	114,44
18			
19	<b>KUUMAMASSA (pintamerkintä 3 mm)</b>		
20	KVL	5 000	10 000
21	Massauksen kesto/vuotta	4	3
22	Hinta mk/m <sup>2</sup>	54,00	54,00
23	Tarkkailuaika/vuotta	10	10
24	<u>Nykyarvo</u> 0 %	138,00	194,00
25	5 %	118,73	161,57
26	10 %	104,88	138,62
27			
28	<b>2-KOMPONENTTI 0,9 mm</b>		
29	KVL	5 000	10 000
30	Massauksen kesto/vuotta	2	1
31	Hinta mk/m <sup>2</sup>	30,00	30,00
32	Tarkkailuaika/vuotta	10	10
33	<u>Nykyarvo</u> 0 %	150,00	300,00
34	5 %	124,58	243,23
35	10 %	107,29	203,84

## TIEMERKINTÖJEN MÄÄRÄT JA NELIÖHINNAT 1989–1991

	Kestomerkintä upotettu		Kestomerkintä 3 mm		Kestomerkintä 1–2 mm		Kestomerkintä 2-komponentti		Maalaus		* Muut	
	m2	á mk	m2	á mk	m2	á mk	m2	á mk	m2	m	m2	á mk
1989	13 607	150	25 926	40	113 738	27	10 428	31	4 852 937	64		
1990	14 641	164	42 734	47	138 654	29	57 901	28	4 888 498	70	47 470	96
1991	16 052	160	44 527	47	206 540	25	91 229	30	4 535 722	67	136 160	47

\* Sisältää erilaisilla massoilla upotettuina ja pintamerkintöinä tehtyjä nuolia, sulkualueita, suojateitä yms.

## TIELAITOKSEN SELVITYKSIÄ

- 24/1992 Liikenne ja maankäyttö, esiselvitys. TIEL 3200079
- 25/1992 Liikenteen profiili. TIEL 3200080
- 26/1992 Tiehankkeiden yhteiskuntataloudellisen vaikutukset. TIEL 3200081
- 27/1992 Yleisten teiden liikennemelu, otantaselvitys, TIEL 3200082
- 28/1992 Tien suuntauksen suunnittelu. TIEL 3200083
- 29/1992 Onnettomuudet pääteiden tasoliittymissä. TIEL 3200084
- 30/1992 Jätäkänkynttilä; The Lumberjack's Candle. TIEL 3200085
- 31/1992 Pohjaveden maatiivistesuojan tiivistäminen. TIEL 3200086
- 32/1992 Talvikunnossapidon sääindeksi. Tuotannon kehittämispalvelut
- 33/1992 Tieverkon kehittämishankkeiden hallinnointi: Projektioorganisaatiot, loppuraportti. TIEL 3200087
- 34/1992 Tienvarsialueiden kasvittamisen ja hoidon kehittäminen luonnonmukaisempaan suuntaan. TIEL 3200088
- 35/1992 Päälystetyn tien kuntoennusteet. TIEL 3200089
- 36/1992 Päälystettyjen teiden pintakunnon luokittelu. TIEL 3200090
- 37/1992 Satamiin johtavien erikoiskuljetusreittien kehittäminen
- 38/1992 CMA:n ympäristövaikutuksia ja käyttökokemuksia; kirjallisuustutkimus. TIEL 3200092
- 39/1992 Henkilöauton verotuksen muuttamisen vaikutuksia liikenteeseen. TIEL 3200093
- 40/1992 Hirvieläinonnettomuudet yleisillä teillä 1991. TIEL 3201921-92
- 41/1992 Liikenteen ja muiden toimintojen turvallisuuden vertailu 1988-1990. TIEL 3200094
- 42/1992 Pääväylät kaupunkialueilla; tasoliittymät. TIEL 3200095
- 43/1992 Reittiohjaus Lahdentiellä, esiselvitys. TIEL 3200096
- 44/1992 Seurannan sisällyttäminen tiehankkeisiin -luonnonolot. TIEL 3200097
- 45/1992 Liikennevalojen kunnossapitotutkimus. TIEL 3200098
- 46/1992 Syvästabiloinnin laadunvalvontaohje. TIEL 3200099
- 47/1992 Kestopäälysteteiden kunnon piilorakennemalli. TIEL 3200100
- 48/1992 Tiehankkeiden sosioekonomisten vaikutusten arviointi, arviointimenettelyn selvitys. TIEL 3200101
- 49/1992 Pääväylät kaupunkialueilla; yleiset suunnitteluperiaatteet. TIEL 3200102